AUS DEM ZOOLOGISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT LEIPZIG.

BEITRÄGE ZUR FEINEREN ANATOMIE DER PHYLLIRHOË BUCEPHALA.

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE DER
HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER
UNIVERSITÄT LEIPZIG

ACAD. LIBRAT. BIBL.

VORGELEGT

VON

ERNST BORN,
APPROB. TIERARZT.

MIT 2 FIGUREN IM TEXT UND 5 TAFELN

LEIPZIG.
WILHELM ENGELMANN
1910.

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren CHUN und PFEFFER.

Leipzig, den 6. Juli 1909 Der Procancellar: KÖSTER

Sonderabdruck aus: »Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie«, XCVII. Bd., 1. Heft.

Die durchsichtigen pelagischen Mollusken des Mittelmeeres haben schon früh die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gelenkt. Die bedeutendsten Vertreter der vergleichenden Anatomie, GEGENBAUR, KÖLLIKER, LEUCKART, HEINRICH und JOHANNES MÜLLER, haben uns aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts eine Reihe wertvoller Arbeiten über diese interessanten Tiere hinterlassen. In den folgenden Dezennien sind diese »Normalobjekte anatomischer Forschung«, wie sie RANKE (104) bezeichnet, wenig gewürdigt worden; über den feineren Bau ihrer Haut, die wegen ihrer durchsichtigen Beschaffenheit ein geeignetes Untersuchungsobjekt ist, finden sich nur in den von PANETH im Jahre 1885 veröffentlichten »Beiträgen zur Histologie der Pteropoden und Heteropoden« ausführlichere Angaben. Unsere Kenntnis der Anatomie dieser eigenartigen Gastropoden ist durch die umfangreichen Beobachtungen, welche wir in neuerer Zeit MEISENHEIMER (87) und TESCH (131) verdanken, bedeutend erweitert worden; doch die feineren Strukturverhältnisse des Integuments finden auch bei diesen Autoren nur wenig Berücksichtigung. Eins der zierlichsten Geschöpfe in der pelagischen Fauna des Mittelmeeres ist die nur 1—3 cm große *Phyllirhoë bucephala*[1], mit deren feinerer Anatomie ich mich auf den gütigen

[1] Die Schreibweise des Namens ist bei den einzelnen Autoren eine sehr verschiedene. MÜLLER und GEGENBAUR (1854), ferner LUDWIG (1883) in der Synopsis der Tierkunde, auch HESCHELER in LANGS Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere schreiben: »*Phyllirhoë bucephalum*«, wohl mit Rücksicht auf das Neutrum: *τὸ φύλλον*. Ich behalte die schon von ESCHSCHOLTZ (1825) und später auch von v. MARTENS (1888) in der Enzyklopädie der Naturwissenschaften gewählte Schreibweise bei, weil die Endigung des Substantivums (-oe), welche für das Adjektiv maßgebend ist, femininen Charakter trägt.

Rat von Prof. Chun schon vor längerer Zeit im zoologischen Institut der Universität Leipzig befaßt habe. Wegen der glasartigen Durchsichtigkeit ihrer Haut und der im Gegensatz zu den Heteropoden und Pteropoden nur schwach entwickelten Muskulatur ist *Phyllirhoë* ein besonders günstiges Objekt zum Studium der Innervation; an mittelgroßen Totoexemplaren, die nur mit Flemmingscher Lösung fixiert und in Glyzerin aufgehellt sind, lassen sich die Nerven von den Schlundganglien bis zu ihren feinsten Ausläufern verfolgen; man braucht nur die Objektive am Revolver des Mikroskops zu wechseln. Die vorliegenden Untersuchungen waren schon im wesentlichen abgeschlossen, als Vissichelli seine »Contribuzioni allo studio della *Phyllirhoë bucephala*« veröffentlichte; diese Arbeit veranlaßte mich, in den Sitzungsberichten der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin (Jahrgang 1907, Nr. 4 und 10) über meine an demselben nudibranchiaten Gastropoden gemachten Beobachtungen eine vorläufige Mitteilung zu publizieren.

Material und Methode.

Das zu den Untersuchungen erforderliche Material erhielt ich von der zoologischen Station zu Neapel. *Phyllirhoë* wird dort, wie mir mitgeteilt wird, in den Monaten Dezember bis April gefangen; doch tritt sie so unregelmäßig auf, daß auch während dieser Zeit von der Station oft kein Material zu erhalten ist. In Villefranche wird *Phyllirhoë*, wie Herr Dr. Davidoff mich gütigst benachrichtigt, ebenfalls nur selten und auch dort in manchen Jahren überhaupt nicht beobachtet. Das Material erhielt ich in 70%igem Alkohol, nachdem es in verschiedener Weise fixiert war.

Zum Studium der peripheren Nerven eigneten sich besonders, wie schon erwähnt, Objekte, die ich mit Flemmingscher Lösung in vortrefflicher Weise fixiert erhielt; und zwar war folgende Mischung in Anwendung gekommen:

Chromsäure	1%	25 ccm
Essigsäure	2%	5 »
Osmiumsäure	1%	10 »
Wasser	. . . . .	60 »

Für die Untersuchung der Drüsen erwiesen sich namentlich Exemplare geeignet, die mit 1%iger Chromsäure fixiert waren; befriedigende Resultate lieferten auch Tiere, bei denen zum Fixieren Chromessigsäure

verwendet war. Dagegen kann ich die Sublimatgemische als Fixiermittel für *Phyllirhoë* nicht empfehlen; brauchbare Präparate erhält man bisweilen noch nach Anwendung von Sublimatessigsäure; dagegen zeigten die mit Sublimatalkohol fixierten Tiere eine so weiche Konsistenz, daß eine weitere Behandlung der Objekte unmöglich war; letzteres Fixiergemisch ist übrigens nur auf meinen besonderen Wunsch gebraucht worden.

Um die Natur der zahlreichen Hautdrüsen festzustellen, wandte ich entsprechende Farblösungen an: Mucikarmin, häufig in Verbindung mit Hämalaun und Indigokarmin; ferner Böhmers und Delafields Hämatoxylin, als Kontrastfarbstoff wurden hierbei Eosin und Orange G benutzt. Nach mehreren Versuchen erwies sich die Ausführung dieser Doppelfärbung am zweckmäßigsten in der von Rawitz (108, S. 69) angegebenen Weise, welche ich etwas modifiziert habe. Die mittels einer feinen Schere abgetrennten Hautteile kamen zunächst nicht in die von Rawitz empfohlene konzentrierte, sondern nur in eine 1%ige wässerige Eosinlösung. Der von Rawitz empfohlene 24stündige Aufenthalt in der Farblösung war nur bei Präparaten erforderlich, die mit Flemmingscher Lösung fixiert waren; bei Chromsäurepräparaten genügten einige Stunden, und mit Chromessigsäure fixierte Objekte waren schon nach wenigen Minuten mit den sauren Teerfarbstoffen überfärbt. Die Schnitte wurden dann sorgfältig mit destilliertem Wasser ausgewaschen; doch habe ich es bei der Färbung mit Eosin als zweckmäßig empfunden, aus den Schnitten nach dem Auswaschen mit Wasser das überschüssige Eosin sofort mit 70%igem Alkohol zu extrahieren, weil andernfalls durch die anschließende Färbung mit Hämateintonerde keine gute Kernfärbung zu erzielen ist. Zur Tinktion der Drüsen wurden außerdem noch Methylenblau und Methylgrün in der von Böhm und Oppel (15) mitgeteilten Weise benutzt.

Zum Studium nervöser Elemente wurden auch Apáthys Hämatein Ia und Heidenhains Eisenalaunhämatoxylinfärbung, zur Unterscheidung des Bindegewebes von der Muskulatur die von Hansen und van Gieson angegebenen Färbungen mittels Säurefuchsin und Pikrinsäure ausgeführt; auch Pikrokarmin leistete mir zu letzterem Zweck gute Dienste, wenn die Präparate vorher eine viertel bis eine halbe Stunde mit Wasser behandelt waren, das eine Spur Eissgsäure (auf 10 ccm Wasser ein Tropfen 2%iger Essigsäure) enthielt. Dieses Verfahren hat von den von Hansen und van Gieson angeführten Methoden den Vorzug, daß bei ihnen keine besondere Kernfärbung erforderlich

ist. Zum Nachweis elastischer Elemente bediente ich mich der Orzeinfärbung nach Unna und des Weigertschen Verfahrens mittels Resorzin-Fuchsinlösung.

Als Einschlußmittel ist für diese ohne Paraffineinbettung hergestellten Schnitte Kanadabalsam zu vermeiden, weil er die Präparate zu stark aufhellt und daher die feineren Strukturen der in der gallertigen Substanz liegenden Elemente nicht scharf genug hervortreten. Am empfehlenswertesten ist zum Studium der histologischen Details der Haut der Einschluß in Glyzerin. Leider zieht dieses Medium aber viele Farben ziemlich schnell aus; über die Haltbarkeit der Hämateinfärbungen in Glyzerin liegen, wie auch P. Mayer in der Enzyklopädie der mikroskopischen Technik (28, S. 512) betont, eingehende Untersuchungen noch nicht vor; es dürfte daher die Mitteilung meiner Erfahrungen in dieser Beziehung von einigem Interesse sein. Vor allem ist es erforderlich, daß man sich nicht des in den Apotheken käuflichen Glyzerins bedient, da dieses fast immer noch Spuren von Säure enthält; vielmehr ist zum Einschließen völlig säurefreies Glyzerin (von Grübler, Leipzig, bezogen) und ferner eine Umrandung der Deckgläschen notwendig. In derart aufbewahrten Objektträgern war die Farbe nach Monaten noch nicht verblaßt; nur hatten in fast allen Präparaten die blauen Farbennuancen einen grauen Ton angenommen. Sehr widerstandsfähig zeigten sich die Hämateintinktionen nach Apáthy und Delafield. Ferner kommt es nach meinen Beobachtungen bei *Phyllirhoë* wesentlich auf die Art der angewandten Fixierung an; in Präparaten, die in Sublimatessigsäure fixiert und in Hämalaun gefärbt waren, sind jetzt nach 2 Jahren die Kerne noch intensiv blau gefärbt. Sehr schnell bleichen bekanntlich in Glyzerin die Anilinfarben aus; nur in Objekten, zu deren Fixierung Chromessigsäure benutzt war, hielt sich die Eosinfärbung monatelang im Glyzerin. Sehr gut werden die Teerfarben, wie auch Lee (69, S. 72) bemerkt, durch den Einschluß in dünnflüssigem Cedernöl konserviert.

Besondere Vorteile bot mir bei *Phyllirhoë* das Paraffinum liquidum als Medium zum Aufbewahren der Präparate; das Paraffinöl extrahiert nämlich weder Hämatein- noch Anilinfarben. Nach Monaten noch zeigen letztere ihre ursprünglichen Nuancen; nur Säurefuchsin verblich mit der Zeit. Außerdem besitzt das Paraffinöl in seinem geringen Brechungsindex einen für meine Untersuchungen wesentlichen Vorzug; es hellt die Präparate nicht stärker auf als Glyzerin. Da nun zwischen Harz und Stransky in der Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie (Bd. XX, 1903) sich ein Prioritätsstreit hinsichtlich der Einführung

des Paraffinöls als Einbettungsmittel entwickelt hat, erlaube ich mir darauf aufmerksam zu machen, daß ALTMANN schon im Jahre 1890 (1, S. 34) in seinen »Elementarorganismen« das Paraffinum liquidum als Einschlußmittel empfiehlt. Wie beim Glyzerin, so umrandete ich auch nach Einschluß in Paraffinöl das mittels Wachsfüßchen am Objektträger haftende Deckgläschen mit der KRÖNIGschen Masse. HARZ hat seine in Paraffinöl eingeschlossenen Präparate mit Glyzeringelatine umrahmt, während STRANSKY (129) von einer Fixierung der Deckgläschen nichts angibt. Auch in den nicht umrahmten Präparaten hielten sich die Tinktionen lange; dies ist wohl auf den Umstand zurückzuführen, daß das Paraffinöl im Gegensatz zum Glyzerin nicht hygroskopisch ist. Da aber die Wachsfüßchen durch das flüssige Paraffin leicht aufgelöst werden, und dann das Deckgläschen jeglichen Halt verliert, ist eine Umrandung erforderlich. Von der von HARZ empfohlenen Glyzeringelatine habe ich aber Abstand nehmen müssen, weil sie zu leicht unter das Deckglas dringt.

Bei den nach Einschmelzung in Paraffin mit dem Mikrotom gewonnenen Schnitten war ein Einschluß in flüssige Medien nicht erforderlich, da bei ihnen das starke Aufhellungsvermögen des Kanadabalsams nicht störend wirkte.

Die Haut.

Das die äußere Haut bedeckende Epithel ist wie bei allen Mollusken einschichtig und läßt zwei Hauptformen erkennen, die durch das Vorhandensein oder Fehlen von Wimpern bedingt werden. Während das Epithel am ventralen und dorsalen Körperrand von fast kubischer Gestalt ist, plattet es sich auf den anstoßenden Seitenflächen stark ab. Auf den mittleren Hautpartien sind die Epithelzellen spärlich vorhanden; nur an den Mündungen der verschiedenen Hautdrüsen sind sie in etwas größerer Menge anzutreffen. Bei Färbung mit Hämalaun-Eosin sind die Kerne in den Epithelien meist blau, in vielen aber auch rot gefärbt. Die blau tingierten Kerne, die meist von ovaler Gestalt sind, haben eine deutlich ausgeprägte chromatische Substanz. Die rot gefärbten Kerne sind meist kleiner als die blauen, dichter granuliert und fast stets von unregelmäßiger Form. Daher ist wohl die Annahme berechtigt, daß die roten Nuclei degenerierten Epithelien angehören. Am Rüssel wird das Epithel schmäler und höher; seine größte Höhe erreicht es an den Übergangsstellen der Lippen zum Vorraum zur Mundhöhle (Taf. IV, Fig. 6), bis hierher sind auch in dem Epithelsaume die Flimmerzellen vorhanden, die hier entsprechend den

übrigen Epithelzellen ebenfalls ihre Form geändert haben; auch sie sind am Kopfe sehr schmal und von cylindrischer Gestalt. Der Kern dieser Flimmerzellen liegt in der Mitte des Zellleibes, während er bei den übrigen Deckepithelien des Rüssels an der Zellbasis zu finden ist.

Die Flimmerzellen werde ich später unter den Sinnesorganen eingehender besprechen.

Das Epithel sitzt einer strukturlosen Basalmembran auf, die sich auf nach der Methode von Hansen oder mit Pikrokarmin gefärbten Schnitten als eine zarte rote Linie von dem etwas gelblich tingierten Epithel abhebt. Die strukturlosen Membranen der Mollusken sind nach Kollmann (67, S. 593) entweder durch Zellenausscheidung hervorgegangen oder durch Verdichtung der strukturlosen Grundsubstanz entstanden. In der Basalmembran der *Phyllirhoë* habe ich keine besonderen Kerne angetroffen, und sie ist demnach nur als die äußere verdichtete Schicht der gallertigen Grundsubstanz des Körpers aufzufassen. Letztere wird allgemein als Intercellularsubstanz gedeutet; und zwar wird sie bei den Heteropoden nach der schon von Gegenbaur (36) vertretenen Ansicht, welcher sich später Paneth (96, S. 254) und neuerdings Tesch (131, S. 62) angeschlossen haben, von sternförmigen, reichverästelten Zellen ausgeschieden. Nach Leuckart dagegen haben die Bindesubstanzzellen der pelagischen Mollusken das Aussehen von »Eiterkörperchen«, wie er sie auch bei *Phyllirhoë* beobachtete. In der homogenen Grundsubstanz der *Phyllirhoë* finden sich in großer Menge Zellen, deren kleiner Kern am Rande des feingranulierten Körpers liegt (Taf. V, Fig. 4 *a*). Diese Zellen sind von einem schmalen homogenen Protoplasmasaum umgeben, der oft einzelne, sehr feine und kurze Fortsätze aussendet. Sie liegen häufig auch den Muskelfasern und den inneren Organen seitlich an. Ferner findet man unter der Basalmembran der *Phyllirhoë*, oft in Haufen zusammenliegend, kleine Zellen mit einer breiten, homogenen Protoplasmaschicht; letztere stimmen völlig mit den von Leuckart und Boll beobachteten Zellen überein (Fig. 4 *b*). Der periphere Protoplasmasaum dieser Zellen kann sich aber bei *Phyllirhoë* an dem einen oder auch an beiden Zellpolen zu einem langen Fortsatz ausziehen, der die verschiedensten Formen annehmen kann (Fig. 5). Alle diese Zellen sind bei *Phyllirhoë* ohne Zweifel als die Bildungszellen der homogenen Grundsubstanz aufzufassen, und ich vermute, daß es sich bei ihnen nicht um verschiedene Zellarten handelt, sondern daß sie auf einen und denselben, nämlich auf den zuerst erwähnten Zelltypus zurückzuführen sind

(Fig. 4 *a*). Die große Umwandlungsfähigkeit der Bindegewebszelle der Mollusken ist ja am besten in den Angaben CHATINS (20) über *Paludina* gekennzeichnet; CHATIN leitet alle die verschiedenen Zellen des Bindegewebes: die bläschenförmigen, die multipolaren, die Plasmazellen, die LANGERschen Blasen, von einem Typus ab.

Sternförmige Zellen, wie sie von GEGENBAUR, PANETH, BROCK und andern bei den verschiedensten Gastropoden als die eigentlichen Bindegewebszellen beschrieben worden sind, habe ich in der hyalinen Intercellularsubstanz der *Phyllirhoë* auch beobachtet; eine genauere Beschreibung dieser Zellen findet sich in dem den Hautdrüsen gewidmeten Kapitel (vgl. S. 62), da sie ohne Zweifel bei *Phyllirhoë* secretorische Elemente darstellen.

Erwähnen will ich noch, daß die Bindegewebskörperchen der *Phyllirhoë* von GÜNTHER (44) als die Spermatozoen der an ihr schmarotzenden Meduse *Menestra* angesehen worden sind.

In die collagene Grundsubstanz sind außer ihren eigentlichen Bildungszellen noch andre freie Zellarten, ferner das Nervensystem, die Muskulatur und die Hautdrüsen eingelagert. Von den freien Zellen sind die Pigmentzellen die interessantesten.

Die Pigmentzellen.

An dem oberen und unteren Körperrande machen sich nach H. MÜLLER und GEGENBAUR (92) beim lebenden Tier gelbe Punkte bemerkbar, die von ihnen mit den Chromatophoren der Tintenfische verglichen werden. Über die beobachteten zwei Modifikationen dieser Zellen geben die genannten Autoren folgende Angaben: »Man findet einmal große, sehr platte, wenig intensiv gefärbte Zellen, die in einzelne spitze Zacken ausgeben. Andernfalls sind die Zellen klein, nach allen Dimensionen von ziemlich gleichem Durchmesser, bei durchfallendem Lichte sehr dunkel und deutlich von einer Anzahl strahlig gestellter Fortsätze umgeben.« Diese Beschreibung kann ich in folgender Weise ergänzen.

Nahe dem Körperrande der *Phyllirhoë* findet man mitunter Gebilde, an denen mehrere, 2 bis etwa 20 Kerne sichtbar sind; ohne Zweifel sind aber in den tieferen Schichten, die nicht der Beobachtung zugänglich sind, noch mehr Kerne enthalten. In diesen Syncytien sind die Grenzen der einzelnen Zellen häufig durch einen fibrillären, lichtbrechenden Kontur gekennzeichnet (Taf. V, Fig. 2). Diese Zellverbände haben meist nur wenige und sehr kurze Ausläufer. Die Zellen

können sich nun voneinander entfernen; es stellen dann zunächst noch deutlich sichtbare protoplasmatische Stränge die Verbindung zwischen ihnen her (Fig. 1); je größer die Entfernung zwischen den einzelnen Pigmentzellen wird, desto feiner werden die verbindenden Stränge, und schließlich werden die Ausläufer so fein, daß die Verbindung sich nur noch an einzelnen Pseudopodien nachweisen läßt; bisweilen haben sich einzelne Zellen so weit entfernt, daß ein Zusammenhang mit der dicht am Körperrande gelegenen Pigmentzellenreihe mittels der äußerst feinen Ausläufer nicht mehr zu konstatieren ist. Solche isoliert erscheinenden Zellen haben eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Rhizopoden; sie sind stark abgeplattet, relativ groß und haben einen central gelegenen, bläschenförmigen Kern; ihr äußerer Kontur, der mitunter fast kreisförmig ist, entsendet zahlreiche, feine homogene Ausläufer, die nur bei Färbung mit Heidenhains Eisenhämatoxylin eingelagerte schwarze Körnchen erkennen lassen. In diesen expandierten Zellen sind die Kerne in der Regel etwas größer als in den kontrahierten mehrzelligen Gebilden; die in letzteren enthaltenen Zellen sind auch von bedeutend kleinerem Umfang und haben dichter granuliertes Pigment.

Die durch die feinen Ausläufer verbundenen Pigmentzellen zeigen oft ganz sonderbare Formen; häufig sind sie lang ausgezogen und liegen in einer Reihe dicht nebeneinander. Diese Zellen weisen keine Pseudopodien mehr auf, nur von den beiden Polen jeder Zelle gehen wenige oder sogar nur je ein fibrillärer Strang zu der benachbarten Zelle. Der Körper solcher Zellen ist dann meist von einer lichtbrechenden Fibrille umgrenzt; außerdem liegt ihm oft bei Präparaten, die mit Flemmingscher Lösung fixiert sind, noch ein schmaler, heller, feingestrichelter Saum auf (Fig. 3). Ich habe bisweilen sich über eine größere Strecke hin ausdehnende Chromatophorenfelder beobachtet, welche aus etwa 40 miteinander verbundenen Zellen bestanden. In diesen Zellen lag der Kern häufig nicht in der Mitte, sondern nahe dem einen Zellpole, und zwar regellos bald in diesem, bald in jenem Ende der Zelle. Das Pigment ist meist im Centrum der Zelle in größerer Menge vorhanden; bisweilen ist es aber auch an die Peripherie gedrängt und der mittlere Teil des Zellkörpers erscheint homogen.

Viel Zeit und Mühe habe ich darauf verwandt, um einen eventuellen Zusammenhang mit Nervenfasern feststellen zu können, wie er von den Chromatophoren der Tintenfische bekannt ist. Sehr oft habe ich Nerven über die Pigmentzellen hinwegziehen sehen; einmal hat sogar der Nerv gerade über einer solchen Zelle eine ganglionäre Anschwellung

gehabt; doch ich bezweifle, daß die Pigmentzellen von diesen Nerven tatsächlich innerviert werden. Desgleichen ist es mir nicht geglückt, einwandfreie Verbindungen mit Muskelfasern festzustellen. Müller und Gegenbaur haben übrigens an den Pigmentzellen der *Phyllirhoë* eine selbständige Bewegung nicht beobachtet, sondern nur bemerkt, »daß die Zellen an der Formveränderung des Tieres überhaupt Anteil nehmen«.

Bezüglich des biologischen Wertes dieser Zellen weise ich darauf hin, daß E. Hecht (53) in seiner Monographie über die Nudibranchier dreierlei Färbungen bei diesen Tieren unterscheidet. Einmal indifferente Farben, sie haben keine wesentliche Bedeutung; ferner Schutzfärbungen (coloration homochromique), die aber selten beobachtet werden, und schließlich Warnfarben (couleurs prémonitrices); letztere zeigen einen auffallenden Farbenton; sie sind fast immer rot, orange und namentlich gelb. In der Anordnung dieser Färbungen macht sich eine gewisse Regelmäßigkeit bei den Nudibranchiern bemerkbar; meist ziert die Farbe die Spitzen der Papillen; auch an den Seiten des Körpers findet man lebhaft gefärbte, unregelmäßig gestaltete Flecken; besondere Pigmentzellen aber sind von Hecht nicht beobachtet worden. Alle Arten mit Warnfarben sind äußerst flink und besitzen in ihren Nesselzellen kräftige Verteidigungsmittel. Wie Hecht weiterhin erwähnt, ist Wallace der Ansicht, daß bei den Äolidiern die durch die Warnfarben angelockten Feinde mittels der Nesselorgane zurückgetrieben werden und infolgedessen in Zukunft die Angriffe nicht wiederholen. Hecht kann diese Theorie nicht annehmen, da es ihm zweifelhaft erscheint, daß den niederen Tieren die Gaben der Erinnerung und Vernunft in so hohem Maße zuzusprechen sind. Übrigens hat auch später noch Cockerell (25) die farbigen Pigmente in der Haut der Chromodoris als "warning coloration" gedeutet. Hierzu muß aber bemerkt werden, daß die Nesselzellen nicht von den Äolidiern erzeugt werden, wie man lange Zeit annahm und selbst noch in der letzten, von Grobben bearbeiteten Auflage des Lehrbuchs der Zoologie von Claus auf S. 597 zu lesen ist; vielmehr entstammen die Nesselzellen der Äolidier den Hydroiden, von welchen sich diese Tiere ernähren. Durch Beobachtungen jedoch glaubt man sich davon überzeugt zu haben (zit. nach Spengel, Die Nesselkapseln der Äolidier. Naturw. Wochenschrift, Bd. XIX, 1904), daß die Äolidier die mit der Nahrung aufgenommenen Nesselkapseln als Verteidigungswaffen gebrauchen; die bunten Farben ihrer Papillen sind daher nach Spengel u. a. als unverkennbare Trutzfarben zu erklären. Ob auch bei *Phyllirhoë* die

Pigmentzellen die Rolle von Warnzeichen spielen, wage ich nicht zu entscheiden. Es ist möglich, daß die eine oder andre Art der am Körperrande, wo auch die Chromatophoren namentlich ihren Sitz haben, sich findenden Drüsenzellen als Verteidigungsorgane zu deuten sind; aber ich kann nicht die von Bergh (7, S. 216) gemachte Angabe bestätigen, daß in der Haut der *Phyllirhoë* zahlreiche Nesselkapseln sich finden.

Das Nervensystem.

Das centrale Nervensystem ist schon von Vissichelli (137) eingehend beschrieben worden, so daß ich mich auf wenige Angaben über dasselbe beschränken kann.

Das Centralnervensystem der *Phyllirhoë* hat die für die Nudibranchier charakteristische Lage hinter dem Pharynx; die vier über dem Oesophagus liegenden Ganglienknoten haben eine verschiedene Deutung erfahren. Vissichelli bezeichnet die oberen Centren als cerebropleurale, aber auch als cerobroviscerale Ganglien, da nach seinen Angaben der aus dem hinteren Abschnitt der dorsalen Ganglien hervorgehende Nerv Zweige an die oberen Leberschläuche, das Herz und die Niere abgibt. Ich bezweifle übrigens, daß dieser Nerv die Mitteldarmdrüse innerviert; seine Äste ziehen zwar über letztere hinweg, ohne sich aber irgendwie auf diesem Organ zu verästeln; ich habe dagegen einigemal feine Zweige aus dem sympathischen Plexus an die Leberschläuche abtreten sehen. Ferner halte ich es für ausgeschlossen, daß der Seitennerv, so will ich diesen Zweig entsprechend der von Vissichelli eingeführten Nomenklatur nennen, das Herz innerviert. Dagegen tritt dieser Nervenstamm zur Niere tatsächlich in Beziehung, jedoch in einer andern Weise als Vissichelli annimmt. Über die Innervation des Herzens und des Nephridiums werde ich später ausführlichere Angaben machen. Der Seitennerv gibt nun aber auch im weiteren Verlaufe, wie ja auch Vissichelli bekannt ist, Zweige an das Integument ab; er ist also kein reiner Eingeweidenerv; demnach müssen noch andre Gehirnabschnitte in den dorsalen Ganglien enthalten sein. Nach Vissichelli haben sich letztere durch Verschmelzung der Cerebral- und Pleuralganglien gebildet, und zwar entspringt der Seitennerv aus dem hinteren, dem pleuralen Abschnitt. Dieses Verhalten ist aber insofern bemerkenswert, als Guiart (45, S. 89) in seiner umfangreichen Arbeit über die Opisthobranchier, die von Vissichelli nicht berücksichtigt wird, behauptet, daß auch bei diesen Gastropoden die Pleuralganglien keine Nerven mehr abgeben. Auch Pelseneer (97) hält die

von ihm bei *Acera*, *Aplysia* und *Aplysiella* beobachteten Pleuralnerven für Neubildungen. Für die Prosobranchier hatte schon vorher Spengel (125, S. 34) angegeben, daß bei ihnen die Pleuralganglien stets nur die Visceralcommissur und niemals peripherische Nerven abgeben. Falls bei den Opisthobranchiern die Pleuralganglien Nerven an das Integument senden, so stammen diese nach Guiart stets aus den mit ihnen verschmolzenen »ganglions palleaux«. Bei Guiart sind nämlich nicht, wie sonst üblich, die Bezeichnungen Pleural- und Pallialganglien synonym, vielmehr besteht nach ihm die Visceralcommissur, sein »centre palléo-viscéral«, von vorn nach hinten aus folgenden Ganglien: aus zwei Pleuralganglien, welche niemals Nerven abgeben; ihnen folgen zwei Pallialganglien, welche das Integument der vorderen Körperregion innervieren; letzteren Centren schließen sich dann noch drei Visceralganglien an. Bei *Phyllirhoë* enthalten demnach die oberen, die Cerebropleuralganglien, auch noch die »ganglions palleaux« im Sinne Guiarts und wohl außerdem noch Teile der Visceralganglien, da der Seitennerv auch die Urinkammer innerviert. Daß bei Nudibranchiern Cerebral-, Pleural- und Visceralganglien miteinander verschmelzen können, lehrt die Beobachtung Guiarts (S. 125) bei *Archidoris tuberculata* und *Idalia racemosa*. Letztere Angabe ist insofern bemerkenswert, als durch sie die von Pelseneer (98) aufgestellte Behauptung widerlegt wird, daß sich die Pleural- und Visceralganglien nie miteinander vereinigen.

Die unteren Ganglien bezeichnet Vissichelli nur als pedale, während sie von Ihering (59) als visceropedale in Anspruch genommen werden, da aus ihnen auch die Nerven für den Geschlechtsapparat stammen. Nun bemerkt ja allerdings Pelseneer (97), daß bei den Mollusken die Innervation des Penis immer durch das Pedalganglion erfolgt; auch Guiart bestätigt diese Innervierung des Penis für die Opisthobranchier; aber bei allen diesen Angaben finden wir, daß neben dem pedalen Penisnerv noch ein Nerv aus dem Visceralganglion die Genitalorgane innerviert. Wie aus den Angaben Pelseneers ersichtlich ist, kann bei einigen Opisthobranchiern (*Pleurobranchius*, *Polycera*, *Goniodoris*, *Elysia*) der aus dem rechten Pedalganglion hervorgehende Penisnerv in demselben Umfange accessorische Ganglien bilden, wie wir sie bei *Phyllirhoë* an dem aus dem rechten unteren Ganglion an den Geschlechtsapparat tretenden Nerven beobachten; aber auch bei diesen opisthobranchiaten Gastropoden innerviert der Penisnerv nur die Rute, während den übrigen Teil des Fortpflanzungsapparates ein besonderer, aus dem Visceralganglion stammender Genitalnerv versorgt. Bei

Phyllirhoë nun übernimmt der rechte pedale Ganglienknoten die Innervation des gesamten Geschlechtsapparates, ein Innervationsgebiet also, das allgemein zum Visceralganglion gerechnet wird. Die Bestimmung der Lage des Visceralganglions bei *Phyllirhoë* verursacht demnach Schwierigkeiten; einen besseren Aufschluß würde uns wohl ein Studium an Embryonen geben.

Es ist übrigens zweifelhaft, ob wir aus den Bezeichnungen, welche die einzelnen Ganglien bei den Mollusken führen, immer direkte Schlußfolgerungen auf das Innervationsgebiet ziehen können. Rawitz (105, S. 448) hat schon für die Acephalen angegeben, daß ein weitgehender Faseraustausch zwischen den verschiedenen Ganglien stattfindet; diese Angaben haben durch List (81, S. 212) ihre Bestätigung gefunden. Da bei den Muscheln die einzelnen Ganglien keine eigentlichen getrennten Centren darstellen, so sind sie nach List »nichts als Namen, die sich auf frühere vergleichend anatomische Untersuchungen stützen und nur mit Rücksicht auf die vergleichende Betrachtung mit den übrigen Molluskengruppen berechtigt sind. Auf jeden Fall darf man bei den Muscheln keinen Lokalisationsbegriff damit verbinden« (List). Auch bei *Phyllirhoë* sind die Ganglien nicht voneinander völlig getrennt (Taf. IV, Fig. 3); ob aber die vom Gehirn abtretenden Nervenstämme Axone verschiedener Ganglien enthalten, kann ich nicht mit Sicherheit sagen. Über die physiologische Bedeutung der einzelnen Ganglienknoten gibt uns wohl am besten das Experiment Aufschluß. Steiner (127, S. 93) hat an *Pterotrachea* und *Octopus* festgestellt, daß nach Abtragung des Pedalganglions jede Locomotion aufhört; es ist also zweifellos das allgemeine Bewegungscentrum; mit demselben Erfolg hat Mendelsohn (88) die Pedalganglien bei *Carinaria* und *Pterotrachea* zerstört.

Der Ursprung der drei Schlundcommissuren bei *Phyllirhoë* ist von Vissichelli richtig angegeben worden; und zwar deutet er dieselben als subcerebrale, pedale und parapedale Commissuren. Nach Vissichelli fehlt also der *Phyllirhoë* die Visceralcommissur, während nach Pelseneer die Subcerebralcommissur nicht vorhanden ist; das Fehlen des letzteren Schlundringes wäre insofern auffallend, als nach den eignen Angaben Pelseneers (97, S. 68), bei den Nudibranchiern von allen Schlundringen die Subcerebralbralcommissur am häufigsten beobachtet wird.

Die Innervation der Zwitterdrüsen ist von allen bisherigen Beobachtern falsch beschrieben worden; während nach v. Ihering der von ihm als Genitalnerv bezeichnete hintere Pedalnerv die bei

Phyllirhoë bucephala stets paarigen Gonaden versorgt, zieht nach Vissichelli der fortlaufende Stamm des Genitalnerven am Magen entlang und tritt dann in die Keimdrüsen ein. Ich kann beiden Autoren nicht beipflichten. Vielmehr bildet nach meinen Beobachtungen der Genitalnerv am Receptaculum seminis[1] ein durchschnittlich nur 0,06mm großes Ganglion, von dem ein feiner Nerv zum Zwittergang geht. Dieser Nerv, der mehrere äußerst kleine accessorische Ganglien durchläuft, teilt sich an der Vereinigung der Ausführungsgänge der dorsalen und ventralen Gonade in zwei feinere Stämmchen, die sich bis zu den Zwitterdrüsen verfolgen lassen.

Das sympathische Nervensystem wird bei den Gastropoden durch die Buccalganglien dargestellt. Letztere liegen bei *Phyllirhoë* an der ventralen Fläche des Oesophagus, und zwar meist dicht hinter dem Pharynx. Sie befinden sich also bei *Phyllirhoë* vor den Schlundringen, während sonst bei den übrigen Opisthobranchiern nach Guiart die Lage der Buccalganglien hinter dem Centralnervensystem die gewöhnliche ist. Während die centralen Ganglienknoten bei *Phyllirhoë* symmetrisch zur Medianebene des Körpers liegen, sind die Buccalganglien meist etwas nach links verlagert. Zweimal lagen sie der inneren Fläche der linken Speicheldrüse dicht an. Die Buccalganglien stehen jederseits durch das Cerebrobuccalconnectiv mit dem gleichseitigen Cerebralganglion in Verbindung. Die Angabe Guiarts (S. 90), daß dieses Connectiv aus dem Cerebral- und Pedalganglion entspringt, finde ich nirgends bestätigt. Auch für *Phyllirhoë* ist ein doppelter Ursprung des Cerebrobuccalconnectivs ausgeschlossen. Wie Vissichelli schon angibt, bilden die beiden aus dem hinteren Rand der Buccalganglien entspringenden Nerven auf dem Magen ein Geflecht. Letzteres ist aber nach meinen Beobachtungen auf dem hinteren Teil des Magens am stärksten entwickelt; der Mitteldarm wird hier von den Nerven umflochten; auch war das Geflecht auf der linken Magenseite stärker ausgebildet als rechts. Von diesem Plexus treten auch Nerven zu den Leberschläuchen und dem Enddarm ab. Bemerken möchte ich noch, daß diese aus dem hinteren Rand der Buccalganglien stammenden Nerven bald nach ihrem Ursprung jederseits häufig einen feinen Zweig nach vorn senden, der auf dem Oesophagus erst kurz vor

[1] Während nach Bergh (8) den Phyllirhoiden eine Samenblase fehlt, wird in Langs Lehrbuch der vergleichenden Anatomie in Fig. 343 der Blindsack des Eileiters als »Receptaculum seminis« gedeutet. Durch Schnittserien habe ich mich davon überzeugt, daß das von Bergh als Ampulle des Zwitterganges bezeichnete Gebilde einen Samenbehälter darstellt.

dem Pharynx mit einem sehr kleinen Ganglion endet. Diese äußerst kleinen Ganglienzellenkonglomerate müssen wir als »gastrocsophageale « Ganglien ansehen, die ja nach Pelseneer (97, S. 64), für die Nudibranchier charakteristisch sind; ihre Lage weicht aber bei *Phyllirhoë* insofern ab, als diese Ganglien sonst, ausgenommen bei den Elysoideen, in unmittelbarer Nähe der Buccalganglien liegen.

Was nun das periphere Nervensystem anbetrifft, so hat Vissichelli nur die Hauptstämme beschrieben; mit dem Verlauf der feineren Nebenäste hat er sich nicht befaßt; ich werde auf das Verhalten der letzteren aus praktischen Gründen erst bei den Ausführungen über die Innervation der Muskulatur (S. 45) näher eingehen.

Histologie des centralen Nervensystems.

Auf Schnittserien erkennt man, daß bei *Phyllirhoë* die centralen Ganglienzellen von verschiedener Größe sind. In den Cerebropleuralganglien sind sehr große, mittelgroße und sehr kleine Ganglienzellen zu unterscheiden; in den Pedalganglien dagegen sind nur Zellen von mittlerer Größe; sehr große Zellen finden sich hier nur an den Abgangsstellen der Schlundringe. An den großen Ganglienzellen kann man deutlich beobachten, daß es sich um unipolare Zellen handelt. Der Zellfortsatz, der oft eine fibrilläre Längszeichnung zeigt, scheint sich in der centralen Fasermasse, dem Neuropil, meist aufzusplittern; nur einmal trat ein Zellfortsatz direkt in einen abgehenden Nervenstamm über (Taf. IV, Fig. 3 bei *a*). Schon Buchholtz (18) erwähnt, daß in den Ganglienzellen der Mollusken die Größe des Kernes in einem ganz bestimmten Verhältnis zu derjenigen des Zellkörpers steht. Auch in den Ganglien der *Phyllirhoë* findet man in den sehr großen Zellen, deren birnenförmiger Körper ungefähr einen Durchmesser von 0,07 mm hat, die größten Kerne. Die Behauptung H. Schultzes (119, S. 74) dagegen, daß die Größe des Kernkörperchens im gleichen Verhältnis zur Größe des Kernes steht, trifft für *Phyllirhoë* nicht zu (Taf. V, Fig. 11, 12 u. 13). Desgleichen finde ich bei *Phyllirhoë* nicht die Angabe Bethes (9, S. 26) bestätigt, daß der Ganglienzellkern bei Mollusken fast immer nur einen großen Nucleolus, selten aber mehrere Kernkörperchen zeigt; vielmehr weisen hier die großen Kerne meist viele Nucleolen auf, die allerdings häufig nur wenig größer, als die größten Chromatenkörnchen sind (z. B. in Fig. 10). Jedoch unterscheiden sich die Kernkörperchen von letzteren stets durch ihre Eigenschaft bei Anwendung der Doppelfärbung mit Hämatoxylin-Eosin den Anilinfarbstoff anzunehmen, während das Chromatin sich mit dem Häma-

toxylin färbt. Die größeren Nucleolen sind häufig von einem schmalen, lichten Hof umgeben (Fig. 12)[1]. Während die Nuclei der kleineren Ganglienzellen bei *Phyllirhoë* stets rund sind, zeigen die großen Ganglienzellen häufig einen längsovalen Kern; so habe ich unter diesen Kernen häufiger solche angetroffen, die 0,04 mm lang, dagegen nur halb so breit waren. In den großen Ganglienzellen beobachtet man hin und wieder Kerne mit einer unregelmäßigen und undeutlichen Kontur. Die Angaben über das Vorkommen unregelmäßig gestalteter Kerne in den Ganglienzellen der Mollusken sind nur äußerst spärlich; da diese Mitteilungen in der Literatur verstreut sich finden, ist es wohl angebracht, sie hier einmal in chronologischer Folge anzuführen.

Die ersten Notizen über das Auftreten polymorpher Kerne in den Ganglienzellen der Mollusken finden sich in der schon oben zitierten Arbeit von Buchholtz auf S. 240; der genannte Autor schreibt dort: »Man trifft nämlich unter den Kernen von größerem Umfang nicht gerade selten derartige an, welche statt der gewöhnlichen kugelrunden Form eine stark nierenförmige Gestalt besitzen, indem sie in der Mitte mehr oder weniger tief eingeschnürt erscheinen.« Die seiner Abhandlung beigegebene Fig. 6 stellt eine große Ganglienzelle von *Planorbis* dar, deren Kern eine tiefe Einbuchtung zeigt. Buchholtz beobachtete diese Kernformen sehr häufig an völlig unversehrt erhaltenen Zellen, und zwar nicht allein nach Chromsäureanwendung, sondern selbst an

[1] Wie Pflücke (101, S. 535) angibt, hat Th. Eimer »in den verschiedensten Zellen der verschiedensten Tiere« um die Nucleolen einen hellen Hof beobachtet. Pflücke hat diesen von Eimer als Hyaloid bezeichneten Hof, welcher nach Ansicht seines Entdeckers eine allgemeine Eigenschaft des Zellkernes darstellen soll, häufig in den centralen Nervenzellen der Muscheln angetroffen. Bei der Untersuchung des Nervensystems, aber auch der andern Gewebe der *Phyllirhoë* bemerkte ich öfter ebenfalls eine die Nucleolen umgebende helle Zone. Bestätigen kann ich auch den Befund der genannten Autoren, daß durch diesen hellen Hof feinste Fädchen in radiärer Richtung zum Nucleolus ziehen. Ich pflichte Pflücke bei, wenn er dieses radiäre Fasersystem als einen Teil des vom Nucleolus ausgehenden Kerngerüstes ansieht. Nach Fischer (31, S. 243) stellt der die Nucleolen umgebende Hof nicht ein besonderes Gebilde dar, sondern er soll bei Differenzierungsfärbungen, z. B. bei der Eisenhämatoxylinmethode nach Heidenhain, durch stärkere und längere Wirkung der entfärbenden Lösungen hervorgerufen werden. Fischer spricht daher von einer »Spiegelfärbung der Nucleolen«. Ob dieser Ansicht Fischers eine allgemeine Gültigkeit zukommt, erlaube ich mir zu bezweifeln, denn ich habe bei *Phyllirhoë* einen die Nucleolen umgebenden hellen Hof auch sehr häufig bei Exemplaren beobachtet, die nur mit Flemming-scher Lösung fixiert und in keiner Weise gefärbt waren (z. B. in Zelle G^1 in Fig. 17 auf Taf. V).

Zellen, die durch einfache Maceration isoliert waren; er hält daher diese Kernstrukturen nicht für Kunstprodukte.

Auch Hans Schultze (119, S. 72) hat in den centralen Ganglienzellen der Gastropoden wiederholt die von Buchholtz beschriebene Nierenform des Kernes beobachtet; er läßt es aber unentschieden, ob diese Form nicht etwa durch eine Einwirkung der beim Isolieren der Ganglienzellen gebrauchten Zupfnadel verursacht ist.

Von allgemeinerem Interesse sind nun diese unregelmäßig gestalteten Kerne der Ganglienzellen seit der Auslegung, die ihnen in der Arbeit von Rohde (112) über »Ganglienzellkern und Neuroglia« zuteil geworden ist. Rohde sieht nämlich diese Kernstrukturen, entgegen der sonst allgemein acceptierten Lehre, daß eine postembryonale Vermehrung der Ganglienzellen nicht eintritt, als Teilungsperioden an; und zwar glaubt er nach seinen Studien an *Helix* und den Riesenganglienzellen der marinen Opisthobranchier nicht weniger als vier Arten ihrer Vermehrung gefunden zu haben.

Bald darauf beobachtete McClure (24, S. 51) in einigen Ganglienzellen von *Helix* nierenförmige Kerne; besonders interessant ist der Befund, welchen auch seine Fig. 21 und 22 wiedergeben, daß nämlich das Zellplasma in der Einbuchtung am Kern oder etwas davon entfernt eine scheibenförmige Struktur zeigt; die feingranulierte Scheibe sieht McClure als Sphäre und die zwei bis drei in ihrem Centrum gelegenen Granula, welche sich mit Eisenalaunhämatoxylin intensiv tingieren, als Centrosomen an. Ganz analoge Erscheinungen hatte übrigens einige Zeit zuvor v. Lenhossék (70) in den Spinalganglienzellen des Frosches bemerkt und damit zuerst Centrosom und Sphäre in Nervenzellen beobachtet. McClure hat unter den Ganglienzellen von *Helix* mitunter auch solche mit zwei Kernen angetroffen; er schließt sich daher der von Rohde vertretenen Lehre an, daß den Ganglienzellen auch im späteren Leben noch eine Teilungsfähigkeit zukommt. Auf die Angaben Rohdes und Mc Clures werde ich unten noch etwas ausführlicher eingehen.

In jüngster Zeit hat Merton (90) in Schnittserien durch die centrale Ganglienmasse von *Tethys* zuweilen Ganglienzellen gefunden, bei welchen sich das Kerngerüst innerhalb der Kernmembran einseitig verlagert hatte; in andern Zellen war der Kern mit breiten, lappenartigen Fortsätzen in das Cytoplasma eingedrungen. Merton sieht aber diese Kernstrukturen nicht als Teilungsfiguren an, sondern nach ihm sind derartige Kernbilder auf die Wirkung der angewandten Fixiermittel zurückzuführen.

In den Arbeiten von Vignal (136), Haller (48), Rawitz (105), Pflücke (101), und List (81), in welchen sich ausführliche Angaben über die feinere Anatomie der Ganglien bei Mollusken finden, wird das Vorkommen unregelmäßig konturierter Kerne in Ganglienzellen nicht erwähnt.

In den großen centralen Ganglienzellen der *Phyllirhoë* findet man, wie schon oben erwähnt, mitunter Kerne mit einer oder mehreren Einkerbungen; am häufigsten sind die Kerne, welche nur eine Einbuchtung zeigen und deren Gestalt dadurch der Form einer Niere nicht unähnlich ist. In diesen nierenförmigen Kernen der *Phyllirhoë* bildet das Chromatin in den eingeschnürten Stellen häufig eine durch die angewandten Kernfarbstoffe dunkel tingierte Leiste, während das übrige Kerngerüst nur wenig chromatische Substanz trägt (Fig. 10). In dem in der Kerndelle gelegenen Zellplasma habe ich die von Lenhossék in den Spinalganglienzellen des Frosches und von McClure in den Ganglienzellen von *Helix* beobachtete Sphäre mit den Centrosomen nie vorgefunden, obwohl die Präparate nach Heidenhain gefärbt waren und die betreffenden Zellen mit den stärksten Ölimmersionssystemen in der Schnittserie verfolgt wurden. Ebenso kann ich den beiden Autoren nicht darin beipflichten, daß diese nierenförmigen Kerne eine exzentrische Lage aufweisen, vielmehr nehmen sie in den Ganglienzellen der *Phyllirhoë*, wie die regelmäßig geformten Kerne, stets die Mitte der Zelle ein. Nach McClure findet sich die Einkerbung stets an einer bestimmten Stelle des Kernes, und nie soll sie nach dem Ursprung des Ganglienzellfortsatzes gerichtet sein. Bei *Phyllirhoë* dagegen zeigt der Kern die napfartige Vertiefung häufig an der Stelle, welche dem Zellfortsatz zugekehrt ist; die in Fig. 8 abgebildete Ganglienzelle ist schräg geschnitten und daher der von ihr abgehende Stammfortsatz nicht getroffen; wie aber aus den folgenden Schnitten ersichtlich ist, entsendet die Zelle ihren Fortsatz an dem, z. B. in Fig. 11 schon etwas hervorgewölbten, der Kerndelle gegenüberliegenden Teil des Zelleibes. Bei *Phyllirhoë* befinden sich außer den Kernen mit einer Einbuchtung hin und wieder auch Nuclei, deren Kontur mehrere Einkerbungen zeigt; ein solcher gelappter Kern ist in Fig. 9 bei *a* dargestelt. Nach Rohde sollen sich nun von derartigen Kernen einzelne Teile abschnüren und zur Bildung neuer Zellen führen. Wie ich schon erwähnt habe, hat auch McClure bei *Helix* zweikernige Ganglienzellen beobachtet; nach Rawitz kommen bei den Acephalen sogar Ganglienzellen mit drei Kernen vor; sonst finde ich in der einschlägigen Literatur derartige Angaben nicht; von einzelnen Autoren,

z. B. von Haller, wird das Vorkommen von mehrkernigen Ganglienzellen bei Mollusken entschieden bestritten. Bei *Phyllirhoë* habe ich einigemal unter den großen Ganglienzellen solche angetroffen, welche zwei voneinander getrennte Chromatinanhäufungen enthielten (Fig. 8); verfolgte ich aber die betreffende Zelle in der Serie, so konnte einwandfrei festgestellt werden, daß es sich nicht um eine mehrkernige Ganglienzelle handelte, sondern vielmehr diese gesonderten Chromatinanhäufungen nur die Ausläufer eines tief eingekerbten Kernes darstellten. Bestätigen kann ich die Angabe Rohdes, daß die polymorphen Kerne, welche nach seiner Auffassung zum Zerfall des Kernes in mehrere Bruchstücke führen sollen, ein sehr dichtes und sich ungemein stark färbendes Kerngerüst haben; in Fig. 9 hat der gelappte Kern *a* sich intensiv schwarz mit Eisenhämatoxylin tingiert, während in den Kernen der benachbarten Zellen das Chromatin nur einen grauschwarzen Ton zeigt. Auch habe ich dieselbe Beobachtung gemacht, wie sie die Fig. 5 *a* der Arbeit Rohdes zeigt, daß nämlich die Ganglienzellenkerne feine Fortsätze entsenden; der linksgelegene Chromatinhaufen in Fig. 8 zeigt z. B. dieses Verhalten. Diese Forsätze sind übrigens nicht zu verwechseln mit den starken, schon von Solbrig (124) im Jahre 1872 beobachteten Kernfortsätzen, welche in periphere Nervenfasern übergehen sollen. Kernfortsätze im Sinne Solbrigs beschreiben auch Hans Schultze und Haller, während von den übrigen Forschern ihre Existenz bezweifelt wird. Beipflichten kann ich ferner der Bemerkung Rohdes, daß es an solchen Kernen schwer fällt anzugeben, »wo der Kern aufhört und das Zellprotoplasma anfängt; ein derartig allmählicher Übergang des Kerngerüstes in das Spongioplasma des Zellleibes findet hier statt; es macht den Eindruck, als wenn Kern und Zellkörper dasselbe Gerüst hätten«. Dieselbe Beobachtung ist an den in Fig. 8 und 11 abgebildeten Ganglienzellen der *Phyllirhoë* zu machen. Im Anschluß hieran will ich noch die Ansicht Pflückes anführen, daß die Kernmembran der Ganglienzellen der Wirbellosen als ein Verschmelzungsprodukt von Kern- und Plasmabestandteilen aufzufassen ist. Pflücke erachtet es infolgedessen für möglich, daß das Kerngerüst in das Gerüst des Zellleibes ohne scharfe Grenze übergehen kann.

Nach der Beobachtung Rohdes an den Riesenganglienzellen von *Doris* wird die Entstehung von Tochterzellen stets durch das Auswandern der massenhaft im Kern auftretenden Nucleolen in den Zellleib eingeleitet. Auch bei *Phyllirhoë* sind mir Ganglienzellen zu Gesicht gekommen, deren Zellleib ohne Zweifel ausgewanderte Nucleolen beherbergt. Fig. 12 zeigt eine solche Zelle, die nach Heidenhain gefärbt

ist; die zahlreichen im Kern enthaltenen Nucleolen sind tief schwarz tingiert; von derselben Farbe ist auch ein bei * auf der Grenze zwischen Kern und Zellleib liegendes Kernkörperchen, während einige nucleolusartige Bildungen, welche mitten im Cytoplasma lagern, einen grauschwarzen Farbenton zeigen. Nach K. C. Schneider (115, S. 113) wird ein solcher Nucleolenaustritt an Zellen mit regem Stoffwechsel, namentlich an Eizellen und Nervenzellen beobachtet; er vermutet, daß das in den Nucleolen enthaltene Nuclein einen Reizstoff darstellt, durch welchen die Zelle zum Eintritt in die Funktionsphase angeregt wird. Schneider erwähnt auch, daß mit dem Austritt der Nucleolen eine unregelmäßige Begrenzung des Kernes verbunden ist.

Wie schon mehrfach erwähnt, sieht Rohde alle diese Kernbilder als Teilungsperioden an; ich kann die ähnlichen, in den vorhergehenden Zeilen beschriebenen Kernformen der *Phyllirhoë* nicht in diesem Sinne deuten; nach meiner Beobachtung stellen sie vielmehr funktionelle Strukturen dar. Doch bevor ich noch weitere Angaben zur Begründung meiner Ansicht mache, möchte ich besonders hinweisen auf Korschelts »Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkernes« (68), welche der Aufmerksamkeit Rohdes entgangen sind. Korschelt kommt nach seinen Beobachtungen an den Eizellen und den secernierenden Zellen der Insekten zu dem Resultat, daß der Kern zu verschiedenen Zeiten verschiedenartige Beziehungen zum Zellplasma hat. Der Kern kann nach Korschelt anfangs gegen das Zellplasma abgesetzt erscheinen, später aber schwindet diese scharfe Grenze und es findet ein stetiger Übergang zwischen Kern- und Zellsubstanz statt. Dieses verschiedene Verhalten des Kernes hängt mit den Verrichtungen der Zelle zusammen, an denen sich der Kern lebhaft beteiligt. Um die Einwirkung auf das Zellplasma zu verstärken, entsendet der Kern Fortsätze, wodurch seine Berührungsfläche mit dem Cytoplasma vergrößert wird. Diese Ausführungen Korschelts erleichtern das Verständnis für das soeben beschriebene verschiedene Aussehen des Kernes in den Ganglienzellen der *Phyllirhoë*; erwähnen will ich noch, daß das Keimbläschen aus dem Ovarium von *Dytiscus*, welches er in Fig. 21 abbildet, dieselbe nierenförmige Gestalt zeigt, wie der in meiner Fig. 11 dargestellte Kern der Ganglienzelle der *Phyllirhoë*.

Völlig gesichert wird aber die Diagnose, daß diese verschiedenartig gestalteten Kerne verschiedene Funktionszustände darstellen, durch folgenden interessanten Befund. Findet man in einem centralen Ganglienknoten der *Phyllirhoë* einen unregelmäßig konturierten Kern, so trifft man in dem gleichnamigen Ganglion der andern

Körperseite an derselben Stelle einen ebenso geformten Nucleus an. Die in Fig. 9 abgebildeten drei großen Kerne liegen am unteren Rande des rechten Cerebropleuralganglions, in dem links gelegenen gleichnamigen Ganglion finden sich ebenfalls am centralen Rande drei ebenso gestaltete und gefärbte Kerne. Ich besitze mehrere Schnitte, die in instruktiver Weise diese Symmetrie zeigen. Apáthy (4) hat schon im Jahre 1896 an den Bauchganglien der Hirudineen beobachtet, daß die Ganglienzellen vollkommen symmetrisch angeordnet sind; er hat auch schon damals bemerkt, daß dieser Symmetrie der Lage auch eine Symmetrie der Fixier- und Tingierbarkeit entspricht. Insbesondere hat Apáthy gezeigt, daß die Methylenblautinktion vollkommen symmetrisch ausfällt; wenn eine Ganglienzelle auf der rechten Seite die Färbung angenommen hat, so ist auch die entsprechende Ganglienzelle der linken Seite mit derselben Intensität tingiert. Apáthy hat schon darauf hingewiesen, daß diese Erscheinungen auf eine Symmetrie der Funktion hindeuten. Dieselben Angaben hat der Autor (6) vor kurzem in einer Streitschrift gegen Goldschmidt wiederholt. In dem Bericht über seinen auf der 17. Jahresversammlung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft gehaltenen Vortrag führt Goldschmidt (38) an, daß es im Nervensystem von *Ascaris* eine Symmetrie der Lage und der Funktion gibt. »Wie alle lebhaft funktionierenden Gewebszellen zeigen auch die Ganglienzellen einen Chromidialapparat. Dieser zeigt sich in den verschiedenen Funktionszuständen der Zelle in verschiedener Form ausgebildet, und da kann man sicher sein, die beiden symmetrischen Zellen stets im gleichen Zustand des Baues des Chromidialapparates vorzufinden.« (Goldschmidt.) Als Chromidialapparat bezeichnet Goldschmidt (40) Fäden, welche sich im Cytoplasma aller aktiv tätigen Gewebszellen in der Nähe des Kernes befinden und mit Kernfarbstoffen sich intensiv tingieren. Solche Chromidialstränge habe ich zwar in den Zellen der *Phyllirhoë*, auch in ihren Ganglienzellen, nicht beobachtet, aber auf Grund des oben näher angeführten Verhaltens der polymorphen Kerne halte ich mich zu der Annahme berechtigt, daß auch bei *Phyllirhoë* die symmetrischen Ganglienzellen sich auch in dem gleichen physiologischen Zustand befinden; auch wird durch meine Beobachtungen der Einwand Mertons (vgl. oben S. 20) widerlegt, daß die unregelmäßige Gestalt der Kerne durch die angewandten Reagenzien verursacht ist. Erwähnen will ich noch, daß bei *Phyllirhoë* häufig auch die völlig runden Kerne bei der Färbung nach Heidenhain oder mit verdünntem Delafieldschen Hämatoxylin sich in derselben Weise tingiert haben, wie die entsprechenden Kerne der andern Körperseite.

Eine Symmetrie der Färbung hat bei Mollusken schon GILCHRIST (37) im Jahre 1897 beobachtet; als GILCHRIST die Buccalganglien der *Aplysia* mittels Methylenblau tingierte, fiel es ihm auf, daß die korrespondierenden Ganglienzellen sich stets zu derselben Zeit färbten.

Als mir zum erstenmal der in Fig. 2 auf Taf. IV abgebildete Kernhaufen zu Gesicht kam, glaubte ich eine durch Fragmentierung im Sinne ROHDES erfolgte Kernvermehrung vor mir zu haben. Doch bald überzeugte ich mich, daß der obere innere Winkel jedes Cerebralganglions stets von einem Paket sehr kleiner, dicht aneinander gedrängter Kerne gebildet wird (Taf. IV, Fig. 3 bei *b*). Es stellt also dieser Kernhaufen nicht das Produkt einer Ganglienzellteilung, sondern eine ganz besondere Form von Ganglienzellen dar, welche GUIART (45) als »cellules sensorielles« beschrieben hat. GUIART unterscheidet nämlich zwei verschiedene Typen von Ganglienzellen; einmal die bekannten »cellules ganglionnaires«, welche in allen Ganglien vorhanden sind, und ferner die »cellules sensorielles«, welche sich in den Cerebralganglien und in den Anschwellungen der Sinnesnerven finden. Im Anschluß hieran bemerke ich, daß in den Tentakelganglien der *Phyllirhoë* fast ausschließlich nur sehr kleine Zellen vorkommen.

Als einen weiteren Einwand gegen die von ROHDE und MCCLURE aufgestellte Behauptung der Teilungsfähigkeit der Ganglienzellen möchte ich von den Studien APÁTHYS und GOLDSCHMIDTS noch das Resultat hier anführen, daß man bei Hirudineen und *Ascaris* stets nahezu dieselbe Anzahl von Zellen in den Ganglienknoten zählt, einerlei ob man ein ganz junges oder ein vollkommen erwachsenes Tier untersucht. Wie auch APÁTHY betont, ist demnach eine postembryonale Vermehrung der Ganglienzellen ausgeschlossen.

Schon HANS SCHULTZE war es bekannt, daß die centralen Ganglienzellen der Gastropoden in den Maschen eines bindegewebigen Fachwerks liegen. Während nun aber nach SCHULTZE diese Scheidewände von der neurilemmatischen Hülle der Ganglien ausgehen, lassen bei *Phyllirhoë* Gehirnschnitte, bei denen die Bindegewebsfärbung nach HANSEN ausgeführt ist, erkennen, daß das schmale, homogene Neurilemm als ein roter Streifen sich scharf von der Ganglienzellenschicht abhebt; letzteres entsendet also bei *Phyllirhoë* keine Septen in die Rindenzone der Ganglienzellen. Vielmehr zeigt bei diesem nudibranchiaten Gastropoden das die Ganglienzellen umhüllende Fachwerk anscheinend ein ähnliches Verhalten, wie es LIST (81) neuerdings an diesem Gewebselement bei den Mytiliden beobachtet hat. Bei diesen Tieren werden nämlich die Ganglienknoten von einer ziemlich dicken,

meist homogenen Hülle eingefaßt, deren Innenfläche eine zarte eosinophile Schicht aufliegt; letztere enthält viele kleine Kerne, die sich intensiv mit Kernfarbstoffen tingieren; ähnliche Kerne finden sich zwischen den Ganglienzellen, welche mit den peripher gelegenen zusammen ein reiches Netz von Fasern liefern, in dessen Maschen sich die Ganglienzellen befinden. Bei *Phyllirhoë* liegen nun der inneren Wand des Neurilemms häufig stark abgeplattete, sehr kleine Kerne an, an denen ein eigentlicher Zellkörper nicht nachgewiesen werden kann; bei der Tinktion nach Heidenhain oder mit Hämatoxylin färben sie sich wegen ihres reichen Chromatingehaltes sehr dunkel und lassen dann eine besondere Struktur nicht mehr erkennen. In den Fig. 6, 8 und 11 auf Taf. V sind diese Gebilde unter der Bezeichnung *Gl* dargestellt. Von den Kernen gehen lichtbrechende, eosinophile Fibrillen aus, welche die Ganglienzellen allseitig umspinnen; eine eigentliche Membran besitzen aber letztere nicht[1].

Dieses die centralen Ganglienzellen der Wirbellosen umgebende Stützgewebe ist nun vielfach mit der Neuroglia der Vertebraten verglichen worden. Ein derartiger Vergleich ist wohl zuerst von Vignal (136, S. 137) angestellt worden; er hat in den Ganglien vieler Mollusken zwischen den Ganglienzellen besondere Bindegewebszellen mit langen Fortsätzen gefunden, welche er mit den Neurogliazellen der Säugetiere vergleicht. In den Ganglien von *Aplysia*, *Helix*, *Pleurobranchus*, *Tethys* und *Doris* fand auch Rohde (111) das von ihm ebenfalls als Neuroglia bezeichnete Stützgewebe reich entwickelt. Dagegen haben Rawitz (105) bei den Acephalen und Veratti (134) bei Limaciden keine Neuroglia angetroffen; auch Guiart (45) erwähnt bei seinen Angaben über die feinere Struktur der Ganglienknoten der Opisthobranchier nichts von einem die Ganglienzellen einfassenden Stützgewebe.

Besondere Aufmerksamkeit hat vor kurzer Zeit Bocheneck (13) diesem Gewebselement geschenkt. Nach seinen Beobachtungen an *Anodonta* unterscheidet er drei Arten von Gliazellen: einmal äußere Gliazellen, welche der äußeren Fläche der gelatinösen Hülle der Ganglien aufliegen. In Parenthese erwähne ich hier, daß man auch bei *Phyllirhoë* an der Außenseite des Neurilemms (Taf. V, Fig. 6 *B*) hin

[1] Die Angabe H. Schultzes, daß der centralen Ganglienzelle der Mollusken eine besondere Zellmembran zukommt, ist schon von Apáthy, Rawitz, List u. a. entschieden zurückgewiesen worden. Es sei hiermit auf eine wenig bekannte Arbeit Ramón y Cajals (103) hingewiesen, in welcher für die Ganglienzellen von *Helix* außer einer gliösen Hüllschicht noch die Existenz einer besonderen Zellmembran behauptet wird.

und wieder kleinere Zellen antrifft; letztere stellen aber bei *Phyllirhoë* keine besonderen Gliazellen, sondern nur die bekannten Bindegewebskörperchen dar. Mit den Fortsätzen der äußeren Gliazellen sollen nun nach Bocheneck die inneren Gliazellen in Verbindung stehen, die zwischen den Ganglienzellen liegen. Die inneren Gliazellen anastomosieren außerdem noch mit der dritten Art von Gliazellen, welche in der centralen Fasermasse der Ganglien liegen. Letztere Gebilde vergleicht auch Havet (51) mit den Neurogliazellen der Vertebraten, während andre Autoren sie für Ganglienzellen halten. Da diese Zellen sich auch in der Mitte der Ganglien der *Phyllirhoë* finden, komme ich auf sie noch einmal zu sprechen.

Wie Bochenek übrigens hervorhebt, lassen sich die Gliaelemente allein durch die Form ihres Kernes von den Nervenzellen unterscheiden; letztere haben nach Ansicht dieses Forschers nämlich stets einen völlig runden Kern, während die Kerne der Neurogliazellen immer oval und außerdem auch kleiner sind. Diese Behauptung Bochenecks trifft für *Phyllirhoë* nur teilweise zu; wie aus meiner obigen Beschreibung des Ganglienzellkernes ersichtlich ist, finden sich in den großen Ganglienzellen häufig längsovale Kerne. Ein sicheres Kriterium ist aber, wie auch Haller angibt, die auffallend minimale Größe der meist oblongen Gliakerne; letztere sind auch bei *Phyllirhoë* stets kleiner, wie die Kerne selbst der kleinsten Ganglienzellen. Derartig runde und große Gliakerne, wie sie in Fig. 9 bei *Gl* zu finden sind, habe ich sehr selten bei *Phyllirhoë* beobachtet. Auch pflichte ich Haller bei, wenn er den reichen Chromatingehalt der Gliakerne als Unterscheidungsmerkmale angibt. Nach K. C. Schneider (115, S. 401) ist bei Evertebraten zur Darstellung der Gliazellen, deren eigentlicher Körper sich auch bei *Helix* (ebenda, S. 565) nur durch den Kern markiert, die Eisenhämatoxylinmethode unbedingt erforderlich; bei diesem Tinktionsverfahren sollen die langen Fasern, welche die Gliazellen entsenden, sich intensiv schwärzen, während die nervösen Teile nur einen lichten grauen Ton annehmen. Bei *Phyllirhoë* habe ich einige der von den Ganglienknoten angefertigten Schnittserien nach Heidenhain gefärbt und in verschieden starkem Grade differenziert, ohne den von Schneider angegebenen Farbeneffekt erzielt zu haben

Nach den Beobachtungen verschiedener Forscher soll die Gliahülle zu der von ihr eingeschlossenen Ganglienzelle in Beziehungen stehen. So hat Rohde, wie schon erwähnt, namentlich an Gastropoden, ferner Nansen (93) bei Crustaceen, Apáthy (4) bei *Hirudo* und Goldschmidt (39) bei *Ascaris* ein Eindringen der Neurogliafasern in das Protoplasma

der Ganglienzellen beobachtet. Da dieses Verhalten der Gliafasern bei den verschiedensten Evertebraten beobachtet ist, vermutet Goldschmidt, daß die Gliahülle mit ihren Fortsätzen ein konstantes, für die Funktion der Ganglienzellen wesentliches Element darstellt. Auch für *Phyllirhoë* halte ich es nach meinen Beobachtungen nicht für ausgeschlossen, daß die die Ganglienzellen umspinnenden Gliafibrillen in das Cytoplasma eindringen; jedoch handelt es sich hier um Fäserchen von der subtilsten Art, so daß bei der Beurteilung der Strukturen die größte Vorsicht geboten ist.

Wie bei allen Evertebraten, so umgeben auch bei *Phyllirhoë* die Ganglienzellen wie eine Mantelschicht die centrale Fasermasse (Taf. IV, Fig. 3). Über den Aufbau der letzteren gehen die Meinungen sehr auseinander. Schon im Jahre 1864 hat F. Leydig (75) angegeben, daß die Punktsubstanz — so bezeichnet er diesen Bestandteil des centralen Nervensystems — von »netz- oder geflechtartig gestricktem Charakter« sei. Später stellten dann Haller an Rhipidoglossen und Rawitz bei Acephalen eingehendere Studien der centralen Gehirnsubstanz an. Beide Autoren kamen zu dem Ergebnis, daß die centrale Fasermasse sich aus einem Netzwerk feinster Fäserchen zusammensetzt. Während nun aber nach der Auffassung Leydigs (79, S. 173) dieses Netz aus Spongioplasma besteht, also ein bindegewebiges Gerüstsystem darstellen soll, handelt es sich nach den Beobachtungen Hallers und Rawitz um ein nervöses Fibrillensystem, dessen Ursprung die Ausläufer der Ganglienzellen sind. Die Fortsätze der Ganglienzellen sollen sich nämlich in feinste Fibrillen teilen und mit den gleichen Teilprodukten der Fortsätze benachbarter Zellen sich verbinden. Rawitz gibt übrigens der Leydigschen Punktsubstanz die schon von Dietl (1876) vorgeschlagene Bezeichnung »Marksubstanz«, da sie bei den Acephalen einen dem Myelin der Vertebraten ähnlichen Stoff enthält.

Von allgemeinerem Interesse wurden diese centralen Nervennetze, als Apáthy (5) mittels besonderer Färbemethoden an meisterhaft ausgeführten Präparaten in der centralen Fasermasse des Bauchstranges der Hirudineen ein feines Gitterwerk nachwies und auf das bestimmteste behauptete, daß in den Knotenpunkten des diffusen Elementargitters, so benennt er dieses Gebilde, die Neurofibrillen sich nicht nur kreuzen sondern substantiell miteinander verschmelzen. Bald darauf gab auch Bethe (9, S. 44) an, daß die Fortsätze der centralen Ganglienzellen bei den Wirbellosen sich in feinste Fibrillen aufsplittern und in der Mitte des Ganglienknotens, welche er als Neuropil bezeichnet, wirkliche Anastomosen miteinander eingehen. Diese Mitteilungen über Verbindungen

centraler Ganglienzellen mußten berechtigtes Aufsehen erregen, da sie ja zur Neuronenlehre, die sich bis dahin einer allgemeinen Anerkennung erfreute, in direktem Widerspruch standen. Auf die Neuronenlehre, welche bekanntlich das Nervensystem als einen Komplex selbständiger morphologischer Einheiten betrachtet, werde ich später (vgl. S. 49) noch einmal zu sprechen kommen.

Die Richtigkeit der von Haller, Rawitz, Apáthy und Bethe gemachten Angaben über das Vorkommen centraler Nervennetze wird von den bedeutendsten Histologen bestritten. So stellt sich in den Präparaten Ramón y Cajals (71) und Retzius (110) diese centrale Fasermasse bei den Wirbellosen nicht als ein aus gitterartig verschmolzenen Fäden bestehendes Netzwerk, sondern nur als ein Geflecht sich kreuzender, aber nicht miteinander anastomosierender Fäserchen dar. Retzius adoptiert übrigens, wie es v. Lenhossék, K. C. Schneider u. a. getan haben, nicht die von Bethe eingeführte Bezeichnung »Neuropil«, sondern behält den indifferenteren Namen »Leydigsche Punktsubstanz« bei. Bezüglich der Nomenklatur will ich noch erwähnen, daß auch andre Autoren des Auslandes die ältere Bezeichnung gebrauchen, z. B. Havet, Guiart (la substance ponctuée de Leydig); auch Veratti spricht von einem »reticolo della punctsubstanz«.

Kürzlich hat Menel (89) »Über die Histologie und Histogenese der sog. Punktsubstanz Leydigs in dem Bauchstrange der Hirudineen« einige bemerkenswerte Angaben gemacht; auch Menel hat in der Punktsubstanz nie ein Netz, sondern nur ein Geflecht der Zellfortsätze gesehen. Ein feines Netzwerk hat er allerdings in den Nervenstämmen von *Glossiphonia* beobachtet, aber nur an Exemplaren, welche in der bei den älteren Autoren üblichen Weise mit Chromsäure oder Chromessigsäure fixiert waren. Menel hält daher die in der Punktsubstanz bisher gefundenen Netze für Artefakte. Diese Ansicht hat vieles für sich, wenn man außer den von Menel angeführten Gründen die artefiziellen Strukturen berücksichtigt, mit denen uns Bütschli (19) und Fischer (31) bekannt gemacht haben. Ich erinnere zur Kritik dieser Netze hier nur an die Schaumemulsionen, welche Bütschli durch Verreiben von Gelatine und Olivenöl auf dem Objektträger erhielt, und an die künstlichen Schaumstrukturen, welche Fischer in seinem Werk: »Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas« auf Seite 284 abbildet. Es ist nicht zu bestreiten, daß die von einzelnen Histologen veröffentlichten Abbildungen des von ihnen im Neuropil beobachteten Netzwerks eine gewisse Übereinstimmung mit den von Bütschli und Fischer hergestellten artefiziellen Strukturen zeigen.

In sehr dünnen Schnitten vom Gehirn der *Phyllirhoë* beobachtet man, daß auch hier das ganze Neuropil ein sehr feines Netzwerk durchzieht, das aus unregelmäßigen Maschen besteht und an dessen Knotenpunkten sich oft kleine Verdickungen zeigen. Fig. 7 *b* auf Taf. V stellt einen Teil dieses feinen Gitterwerkes dar. Letzteres ist aber in der Figur der Deutlichkeit wegen etwas zu dick und zu bestimmt gezeichnet. Ich vermutete zuerst, daß es sich bei *Phyllirhoë* um ein gliöses Stützgerüst handelt; die Fibrillen dieses Netzwerkes haben nämlich fast das gleiche Aussehen wie die die Ganglienzellen umhüllenden Gliafädchen. Da ich aber diese Beobachtung nur an mit Chromsäure fixierten Präparaten gemacht habe, halte ich es für ratsamer, es als unentschieden zu lassen, ob das Netzwerk in der Punktsubstanz der *Phyllirhoë* eine präformierte oder nur durch die Konservierung hervorgerufene Struktur darstellt.

In der Punktsubstanz der Hirudineen finden sich nach Menel regellos zerstreut winzige Kernchen, deren Herkunft und Bedeutung er nicht sicher feststellen kann. Auch im Neuropil der *Phyllirhoë* liegen unregelmäßig verstreut nur 0,004 mm große Kerne, die von einem sehr schmalen, häufig unsichtbaren Zellleib umschlossen werden (Fig. 7 *a*). Erwähnen will ich noch, daß schon Haller und Rawitz diese Gebilde beobachtet und als multipolare Ganglienzellen gedeutet haben, deren Ausläufer das centrale Nervennetz verstärken sollen. Nach Rawitz ist aber die Bedeutung dieser Zellen für die Netzbildung nur an Isolationspräparaten zu erkennen, auf Schnittserien erwecken sie nur den Eindruck apolarer Gebilde. Wie aus der der Abhandlung von Rawitz beigegebenen Fig. 80, welche einen Schnitt durch das Visceralganglion von *Mya arenaria* wiedergibt, hervorgeht, stimmen diese kleinen Zellen völlig mit den im Neuropil der *Phyllirhoë* beobachteten überein. Während nun aber nach Haller und Rawitz andre zellige Elemente sich nicht in der centralen Fasermasse der Evertebraten finden, habe ich bei *Phyllirhoë* bei zwei quer durch das Cerebropleuralganglion ausgeführten Schnittserien je eine mächtig entwickelte bipolare Ganglienzelle beobachtet; bei der in Fig. 3 abgebildeten Zelle ist der Kern 0,024 mm lang und 0,017 mm breit.

Histologie des peripheren Nervensystems.

Die corticale Ganglienzellenschicht des Gehirns ist nur durch die abgehenden Connective, Commissuren und peripheren Nervenstämme unterbrochen. Letztere sind bei *Phyllirhoë* nach dem von Waldeyer (140) als morphologisch unvollkommener bezeichneten

Typus gebaut, d. h. die aus einer Ganglienabteilung hervortretenden Fibrillen werden in ein einzelnes großes Bündel zusammengefaßt, das von einer gemeinsamen Hülle umgeben wird. Die Nervenscheide der Wirbellosen zeigt nach Waldeyer dieselben färberischen Eigenschaften wie die elastische Membran. Soweit mir bekannt ist, hat diese Angabe niemals eine Nachprüfung erfahren. *Phyllirhoë* ist für eine derartige Untersuchung wenig geeignet, da die brauchbarsten Färbemethoden zum Nachweis elastischer Elemente, nämlich die Orceinfärbung nach Unna und das Weigertsche Verfahren mittels Resorzin-Fuchsinlösung außer dem Neurilemm auch die die Nerven umgebende collagene Grundsubstanz intensiv tingieren. Das Neurilemm ist bei *Phyllirhoë* anscheinend homogen und an den Abgangsstellen der Nerven von den Ganglienknoten am stärksten; nach der Peripherie wird es allmählich schmäler, um an den feinen Nerven völlig zu verschwinden (Taf. V, Fig. 14 u. 15 bei *Neu*).

In der Nervenscheide findet man in ziemlich großer Menge sehr schmale Zellen, welche dem Fibrillenbündel dicht anliegen. Diese Zellen gleichen in ihrem Aussehen völlig den schon auf S. 10 beschriebenen Bindegewebskörperchen der *Phyllirhoë*; auch in ihnen liegt der kleine runde Kern meist an dem einen Ende des feingekörnten Zellleibes, der oft unregelmäßig gestaltet ist und sich bisweilen in feine Fibrillen auszieht (Fig. 14 bei *B*). Diese Bindegewebszellen sind bisweilen auch noch dünneren Nerven angelagert, welche keine Nervenscheide mehr erkennen lassen; es ist somit die Annahme berechtigt, daß auch diese Nerven noch eine Hüllmembran haben (Taf. VI, Fig. 1 *B*). An den feinsten Nervenausläufern dagegen begegneten mir die Bindegewebskörperchen nicht mehr. Ferner findet man häufig an der Oberfläche der Fibrillenbündel sehr schmale, spindelförmige Zellen mit wohl entwickeltem, stäbchenförmigem Kern (Taf. V, Fig. 14 *d* und Taf. VI, Fig. 1 *d*). Diese Zellen, die mit ihrer Längsachse stets in der Richtung des Faserverlaufs liegen, gehören vielleicht nicht mehr der Nervenscheide, sondern schon dem eigentlichen Fibrillenbündel an. Bei sehr starker Vergrößerung machen sich außerdem an der inneren Neurilemmfläche der dicken Nerven Zellen bemerkbar, die in ihrer Gestalt den bei der Beschreibung des Centralnervensystems (S. 26) als Gliazellen erwähnten Gebilden völlig entsprechen.

Im Gegensatz zu den eben beschriebenen drei Zellarten rufen die peripheren Ganglienzellen meist eine mehr oder weniger beträchtliche Verdickung der Nervenfaser hervor. Die peripheren Ganglienzellen finden sich meist zu mehreren an den Teilungsstellen, aber auch im

Verlauf der Nervenstämme ihnen seitlich anliegend (Taf. V, Fig. 16 u. 17 bei *G*; Taf. VI, Fig. 1 bei c^1, c^2, c^3 und Fig. 5). Sie sind von verschiedener Größe; die größten finden sich in den dicken Nervenstämmen; je mehr man sich der Peripherie nähert, desto zahlreicher und kleiner werden sie. Die feinen Hautnerven bilden hin und wieder, namentlich in der Nähe des Körperrandes, auffallend große, ganglionäre Anschwellungen; letztere stellen wohl sensible Organe dar, da sie sich in der gleichen Form, nur bedeutend häufiger, in den Tentakeln finden (S. 36). Die in der Regel völlig runden Kerne der peripheren Ganglienzellen sind reich an chromatischer Substanz und enthalten oft nur einen Nucleolus, der häufig von einem hellen Hof umgeben ist. Der feingranulierte Zellleib, an dem keine Membran wahrnehmbar ist, entsendet oft in Präparaten, die mit Flemmingscher Lösung fixiert sind, anscheinend keine Fortsätze; dagegen hebt sich in mit Hämatoxylin-Eosin gefärbten Chromessigsäurepräparaten der dunkelrote Zellleib der Ganglienzellen mit seinen Ausläufern scharf von dem nur blaßrot tingierten Fibrillenbündel ab. In solchen Präparaten beobachtet man, namentlich in der Flosse, im Verlaufe der dicken Nerven häufiger bipolare und in den Teilungsstellen derselben mitunter gut ausgebildete multipolare Ganglienzellen. Entgegen der Beobachtung Paneths (96) bei den Pteropoden und Heteropoden muß ich betonen, daß an den bipolaren Zellen der *Phyllirhoë* das Abtreten eines seitlichen Fortsatzes nie konstatiert werden konnte. Dagegen sind hier den Nerven hin und wieder seitlich Zellen angelagert, die ohne Zweifel multipolare Ganglienzellen darstellen (Taf. V, Fig. 15 *G* u. Fig. 17 G^2; Taf. VII, Fig. 5); ihre feinen Fortsätze gehen häufig, nachdem sie die Muskulatur innerviert haben, in dickere Nervenstämme über. In mit Flemmingscher Lösung fixierten Präparaten findet man oft in dem Zellleib der peripheren Ganglienzellen tief schwarz tingierte Körnchen; auf Taf. V enthalten die multipolaren Ganglienzellen in den Fig. 15 u. 17, auf Taf. VI die Zelle *a* in Fig. 1 derartige Gebilde. Um ausgewanderte Nucleolen kann es sich hier nicht handeln, da diese im Cytoplasma lagernden Körnchen meist viel schwärzer tingiert sind als die Kernkörperchen; allem Anschein nach sind es Fettkörnchen, die nach K. C. Schneider häufig in Nervenzellen als Reservenährstoffe aufgespeichert werden.

Am Fibrillenbündel findet man außerdem bisweilen körnige Auflagerungen von schollenförmiger oder rundlicher Gestalt; diese granulierten Massen färben sich intensiv mit sauren Anilinen (Taf. V, Fig. 16 bei p^1, p^2, p^3).

Einigemal umhüllten eigenartige Zellgruppen die Nerven; es lagen

ihnen ziemlich große Kerne in einer reichlichen Menge locker gefügten Protoplasmas unregelmäßig verstreut seitlich an; besondere Zellgrenzen waren meist nicht zu erkennen. Diese Gebilde stellen die später (S. 78) noch zu erwähnenden Plasmazellen dar, die nach Brock (17) die Nervenstämme der Mollusken streckenweise umhüllen können.

Die Nerven zeigen deutlich eine fibrilläre Struktur; doch sind die einzelnen Fibrillen, die ein relativ starkes Lichtbrechungsvermögen besitzen, nur auf kurze Strecken zu verfolgen, da sie sich innig miteinander verflechten. Die Fibrillen sind alle gleich dick und nie varicös; nirgends findet sich eine Andeutung, welche auf einen zusammengesetzteren Bau aus Elementarfibrillen, wie ihn Apáthy (4, S. 508) lehrt, schließen ließe. Eine homogene Masse trennt anscheinend die Fibrillen voneinander. Auf Längsschnitten findet man in dieser interfibrillären Substanz nur sehr kleine, rundliche, bzw. ovale chromatinarme Kerne, bisweilen von einer minimalen Menge Protoplasma umgeben; es ist möglich, daß diese Kerne den Nervenkernen Apáthys entsprechen (Taf. V, Fig. 6 bei ××). Apáthy unterscheidet in den peripheren Nervenstämmen zwei Arten von Zellen, nämlich Nervenzellen, welche er als die Bildungszellen der Neurofibrillen auffaßt und Ganglienzellen; letztere produzieren nur »das, was geleitet werden soll«. Bochenek (12) hat übrigens bei *Anodonta*, *Helix* und den Tunicaten vergebens nach Nervenzellen im Sinne Apáthys gesucht. Erwähnenswert ist noch, daß bei *Phyllirhoë* die feinen Ausläufer der Nerven reichlich mit stark lichtbrechenden Pünktchen besetzt sind, die sich im Gegensatz zu den Fibrillen mit Eosin stark färben.

Wie schon H. Schultze hervorgehoben hat, werden die Magen-Darmnerven der Gastropoden von Ganglienzellen »in erstaunlicher Fülle« (Taf. VI, Fig. 6) begleitet, von denen viele durch ihre enorme Größe auffallen (Fig. 7 u. 8). Den Nerven liegen oft mehrere Zellen hintereinander seitlich an, von denen einige einen feinen Fortsatz abgeben (Fig. 9). Auf den Teilungsstellen der Nerven liegen in der Regel eine sehr große oder mehrere etwas kleinere Zellen; ein Zusammenhang der Zellen mit dem darunter sich teilenden Nerv läßt sich nicht feststellen (Fig. 7). Nur einmal habe ich an einer Teilungsstelle eine mächtige multipolare Ganglienzelle beobachtet, die in die vier abgehenden Nervenstämme je einen Fortsatz sendet (Fig. 8). Die sympathischen Ganglienzellen haben einen sehr großen, scharf begrenzten Kern, der in der Regel etwas heller erscheint als der schmale, dicht granulierte Zellleib. Letzterer besitzt eine scharfe Kontur, die vielleicht als eine Membran zu deuten ist. Die fein gestreiften Nerven sind von einer

äußerst zarten Hülle umgeben. Von den ganglionären Anschwellungen gehen feine homogene, nur mit Körnchen besetzte Fäserchen an die Muskulatur des Magens ab. Beiläufig bemerke ich, daß letztere aus einer oberflächlichen Ring- und einer darunter liegenden äußerst feinen Längsfaserschicht besteht.

Die Sinnesorgane.

Es erscheint mir zweifelhaft, ob bei dem rudimentären Zustand der lichtempfindlichen Organe bei *Phyllirhoë* der Gesichtssinn ausgebildet ist. Wie die meisten Nudibranchier (57, S. 40), so besitzt auch *Phyllirhoë* zwei ungestielte Augen, die der lateralen Fläche des linken bzw. rechten Cerebralganglions dicht anliegen (Taf. IV, Fig. 3 und Taf. V, Fig. 6). Während in den beiden Augenwinkeln einige größere Kerne liegen, wird die laterale Fläche des Auges von einer Schicht sehr kleiner, dicht aneinander gelagerter Kerne umsäumt. Das Centrum des Auges wird von einem ovalen homogenen Gebilde, das wohl einer Linse entspricht, ausgefüllt. Rings um diesen Körper — es ist übrigens nicht ausgeschlossen, daß diese Stelle nur einen Hohlraum im Auge darstellt — macht sich eine feinkörnige pigmentierte Masse bemerkbar. Dem Auge liegt immer ein dünnes Fibrillenbündel an, welches aus der Cerebropedalcommissur entspringt und zum Fühlernerv zieht.

Wie bei allen pelagischen Mollusken, so sind auch bei *Phyllirhoë* die Otocysten wohl entwickelt. Letztere werden bekanntlich neuerdings als Gleichgewichtsorgane gedeutet. Die Wand der Otocysten besteht aus einer dünnen Bindegewebskapsel, der innen eine einschichtige Lage flacher, mit langen Cilien versehener Epithelzellen aufliegt; an der Ansatzstelle des Acusticus, der aus dem Cerebralganglion seinen Ursprung nimmt, machen sich drei größere bewimperte Zellen bemerkbar. Nach Lacaze-Duthiers (121, S. 324) werden bei den Prosobranchiern beide Otocysten durch ein bindegewebiges Ligament, dem Muskelfasern eingelagert sind, stets verbunden; bei *Phyllirhoë* habe ich beide Organe nur von der homogenen Grundsubstanz umgeben gefunden.

Bekanntlich wird in neuerer Zeit vielfach die Ansicht vertreten, daß den im Wasser lebenden Tieren ein Riechvermögen mangele, vielmehr bei ihnen die chemischen Reize nur durch den Geschmack aufgenommen werden können. In der Mundhöhle der Mollusken sind mehrfach papillenartige Vorsprünge als Geschmacksorgane gedeutet worden, »doch immer ohne physiologische, fast immer ohne histologische Begründung« (57, S. 258). Hinter der kräftig entwickelten Radula der *Phyllirhoë* befinden sich einige zottenförmige Wülste (Taf. IV,

Fig. 7 bei *Z*); ähnliche Gebilde umsäumen die Übergangsstelle des Pharynx in den Oesophagus; es fehlt aber jeglicher Grund, diese Zotten als Geschmacksorgane ansprechen zu müssen; denn sie sind ebenso wie der übrige Teil der Mundhöhle bedeckt mit einer einschichtigen Lage flacher Epithelzellen, welche von einer kräftigen Cuticula überzogen werden. Um den kleinen Kern der Epithelzellen liegen in reichlicher Menge braune Körnchen.

Die Tentakel.

Während der Kopf der Opisthobranchier gewöhnlich zwei Paar Tentakel trägt, von denen die hinteren häufig als Rhinophoren gedeutet werden, besitzt *Phyllirhoë* nur zwei Fühler. Bergh (8) bezeichnet dieses eine Fühlerpaar der Phyllirhoiden als Rhinophoren, da seiner Ansicht nach das vordere Paar diesen Tieren fehlt. Unter den marinen Gastropoden, welche Graber (41) auf ihre Empfindlichkeit gegen Riechstoffe untersucht hat, befindet sich auch *Phyllirhoë*. Die Untersuchung führte Graber in der Weise aus, daß die an einem zugespitzten Glasstäbchen haftenden Riechstoffe den im Wasser befindlichen Tieren auf 2—5 mm genähert wurden. »Gegen alle Erwartung unempfindlich erwiesen sich die drei Nacktschnecken: *Gastropteron Meckelii*, *Phyllirhoë bucephalum* und *Aplysia leporina*. Erstere zwei reagierten nämlich nur ganz wenig (durch Bewegung der Fühler) auf Rosmarinöl und Asa foetida, und letztere blieb völlig indifferent gegenüber allen angewandten Reizstoffen« (Graber). *Carinaria* und *Pterotrachea* dagegen zeigten sich gegen diese genannten Riechstoffe außerordentlich empfindlich. Meine mikroskopischen Untersuchungen gestatten natürlich keine Entscheidung in der Frage, ob die Tentakel der *Phyllirhoë* im Dienste der Geruchswahrnehmung stehen; doch dürfte die eigenartige histologische Struktur dieser Gebilde die Annahme als berechtigt erscheinen lassen, daß in ihnen der Tastsinn seinen Hauptsitz hat. Spengel (125) hält es übrigens für denkbar, daß das Geruchsorgan unter den opisthobranchiaten Gastropoden nur auf die Tectibranchier beschränkt ist. Die Länge der beiden pfriemenförmigen Tentakel der *Phyllirhoë* beträgt etwa die Hälfte der Körperlänge (Taf. IV, Fig. 1). An ihrer Basis sind sie von einer Hautduplicatur, der Tentakelscheide, umgeben. Entgegen den Angaben Vayssières (133) können sich die Fühler der *Phyllirhoë* nach meinen Beobachtungen durch Retraktion sehr verkürzen, wobei sie sich in Ringfalten legen. An der Kontraktion sind namentlich die in der Längsrichtung der Fühler verlaufenden Muskelbündel beteiligt. Während diese Retractoren noch

relativ stark sind, ist die übrige Muskulatur nur schwach entwickelt. Zu äußerst liegen die sehr dünnen Diagonalfasern; an ihren Enden teilen sich diese schräg von unten nach oben verlaufenden Faserzellen dichotomisch und stehen mittels ihrer feinen Ausläufer miteinander in Verbindung. Auf diese Diagonalfasern folgt die noch feinere Ringfaserschicht, und zu unterst liegen die schon erwähnten Retractoren. Die Ausdehnung der Tentakel ist rein passiver Natur, bedingt durch die Erschlaffung der Retractoren und vermehrtes Zuströmen von Hämolymphe in den Innenraum der Fühler; auf Schnitten erkennt man, daß letzterer noch von besonderen Faserzellen durchzogen wird. Solche Faserzellen, die auch die Leibeshöhle durchqueren, beschreibe ich später (S. 44) als Parenchymmuskelfasern. In jedem Tentakel sind die beiden Fühlernerven, die nur eine äußerst feine bindegewebige Hülle haben, bis zur Spitze zu verfolgen, wo sie mit einer mächtigen Ganglienzellenanhäufung enden. Die »starken Windungen und Biegungen«, die Bergh diesen Nerven beilegt, habe ich nur bei kontrahierten Tentakeln beobachtet. Sind dagegen die Fühler maximal gestreckt, so ist der Verlauf der Nerven ein schnurgerader. Die von den Fühlernerven abgehenden Seitenzweige haben in ihrem Verlauf, bisweilen auch schon an ihrer Ursprungsstelle, mächtige Anhäufungen sehr kleiner, undeutlich begrenzter Zellen (Taf. VI, Fig. 4). Von diesen Anhäufungen gehen feine Nerven ab, die in ihrem Verlauf ebenfalls derartige Zellenanlagerungen zeigen; meist haben sie solche auch an ihrer Abgangsstelle, wodurch diese ganglionären Verdickungen eine eigenartige Gestalt annehmen. In mit Flemmingscher Lösung fixierten Präparaten finden sich in großer Zahl die schon früher (S. 32) erwähnten, tief schwarz tingierten Granula. Die von den Anschwellungen ausgehenden feinen Zweige, die mit zahlreichen, lichtbrechenden Körnchen besetzt sind, anastomosieren miteinander; das dadurch entstehende Nervennetz ist in einer Hälfte der Fühler, anscheinend der oberen, reichlicher entwickelt. Der ventrale Rand der Fühler dagegen ist reich mit serösen Drüsenzellen besetzt; während Panceri (94) diese Zellen zuerst als »cellule olfattive« bezeichnete, bringt er sie später (95) zu der Phosphorescenz der *Phyllirhoë* in Beziehung. Mucöse Drüsenzellen sind im Integument hier nur spärlich vorhanden; außerdem finden sich in der Haut der Tentakel auch die Blasen- und die Sternzellen; auf die hier angeführten Drüsenzellen werde ich in späteren Kapiteln noch ausführlicher zu sprechen kommen. In den tieferen Schichten der homogenen Grundsubstanz liegen viele Plasmazellen und Leucocyten. Wie Schnittserien zeigen, sind die Tentakel mit einem einschichtigen Epithel

bedeckt, in welchem sich unregelmäßig verstreut Flimmerzellen von derselben Beschaffenheit wie die auf den Körperhälften befinden. Zellen mit steifen Borsten, wie sie Panceri von den Fühlern der *Carinaria* beschreibt, habe ich nicht bemerkt, desgleichen nicht die bipolaren Sinneszellen, welche Guiart (45) neuerdings im Rhinophor der Pleurobranchier entdeckt hat. Man könnte vielleicht annehmen, daß die starren Forsätze, welche von den ganglionären Anschwellungen der Fühlernerven[1] abgehen, Sinneszellen angehören (in Fig. 4 bei *a*, *b*, *c*, *d*, *e* dargestellt). Diese kurzen feinen Fortsätze sind häufig an ihrer Basis durch einen eingelagerten Kern zwiebelförmig aufgetrieben, während ihr entgegengesetztes Ende dicht unter der Haut knopfartig endet. Solche Gebilde haben dann eine gewisse Ähnlichkeit mit den von Retzius (109), Guiart (45), Bethe (9) beschriebenen bipolaren Sinnesnervenzellen; aber ein Charakteristikum dieser Sinneszellen ist bekanntlich ihre Lage zwischen den Epithelzellen, während die hier erwähnten Gebilde der *Phyllirhoë* unter dem Epithel und der Basalmembran liegen. Daher nehme ich an, daß diese kurzen Fortsätze, welche die ganglionären Anschwellungen aussenden, nicht die fadenförmigen Fortsätze von Sinneszellen darstellen, sondern als freie Endigungen sensibler Nervenfasern zu deuten sind.

Ich bemerke noch, daß nach Ambronn (2) den Fühlernerven der *Phyllirhoë* eine deutlich negative Doppelbrechung in bezug auf die Längsrichtung zukommt; als den optisch wirksamen Körper sieht er auf Grund seiner chemisch-physikalischen Untersuchungen das Lecithin an.

Die Flimmerzellen.

Nach Retzius und Bethe sind im Epithel der Mollusken bipolare Rezeptionszellen weit verbreitet. Retzius identifiziert diese Zellen mit den früher von Flemming (33) als Pinselzellen beschriebenen Gebilden. Bei *Phyllirhoë* habe ich solche Zellen nicht nur im Tentakel, sondern auch in dem den übrigen Körper bedeckenden Epithel vermißt; dagegen liegen allenthalben auf der Haut der *Phyllirhoë* unregelmäßig verstreut, polygonal gestaltete Flimmerzellen (Taf. VI, Fig. 2 u. 3). Diese Zellen tragen ein Büschel feiner Cilien, welche bei starker Vergrößerung durch die lichtbrechende Cuticula hindurch bis zum Zellkern zu verfolgen sind; besondere Basalkörperchen, an denen die Cilien

[1] Derartige Fortsätze entsenden ebenfalls, wenn auch nicht so häufig, die Ganglienanschwellungen der am dorsalen und ventralen Körperrand verlaufenden Hautnerven.

fixiert sein sollen, wie es Heidenhain (54) lehrt, habe ich in der Cuticula nicht bemerkt. Bei ihrem Verlauf durch den Zellleib konvergieren diese Fibrillen nur wenig; ein scharf ausgeprägter Faserkegel kommt infolgedessen in den Flimmerzellen der *Phyllirhoë* nicht zustande. Diese bewimperten Zellen sind nun in seltsamer Weise miteinander verbunden (Fig. 2). Von zwei oder drei Winkeln ihres polygonalen Zellleibes geht je eine sehr dünne Fibrille ab, die in geradem Verlauf zu der nächstgelegenen Flimmerzelle zieht; kommt nun eine solche Fibrille, die sich noch dichotomisch teilen kann, auf diesem Wege zu der Öffnung irgend einer Hautdrüse, so wird das Stoma ringförmig umschlossen und die Fibrille zieht dann weiter zur nächsten Flimmerzelle; oft streben drei, selbst vier Fibrillen auf eine Drüsenöffnung zu, wo sie sich anscheinend miteinander verflechten. Unter diesen Flimmerzellen bilden die Hautnerven bisweilen rundliche oder kegelförmige ganglionäre Anlagerungen (Fig. 3); ich habe aber nie ein Eindringen von Neurofibrillen in die Zellen feststellen können. Da »die Flimmerepithelien Stoffe über Schleimhautflächen bewegen, auch wohl Schädlichkeiten entfernen, hat es etwas Einladendes, daß die Arbeit dieser Zellen unter die Herrschaft des Nervensystems gestellt ist« (Pflüger, 100). Dagegen glaubt Verworn (135, S. 59) durch eine Reihe vivisectorischer Versuche festgestellt zu haben, daß die Flimmerbewegung eine automatische Bewegung ist, d. h. »die Impulse für die Tätigkeit der Flimmerhaare entstehen in der Flimmerzelle selbst«. Es liegen aber, wie auch Pflüger weiterhin betont, noch keine einwandfreien Beobachtungen über die Beziehungen der Nerven zu den Flimmerzellen vor. Apáthy (4) hat zwar in den Flimmerzellen des Mitteldarmes von *Anodonta* und *Unio* beobachtet, daß der intracellulär gelegene Faserkegel an der Basis der Zelle in einen einheitlichen Faden übergeht, der ganz den Charakter einer dicken Neurofibrille besitzt; er fährt dann aber fort: »leider konnte ich das Eindringen von extracellulär verfolgten deutlich als solche erkennbare Neurofibrillen in die Flimmerzellen nicht konstatieren«. Die Starrheit des Fibrillenconus der Flimmerepithelien ist nach Pflüger kein Grund, wie es Engelmann früher getan hat, die nervöse Natur des Faserkegels zu bezweifeln, denn diese Eigenschaft könnte durch eine Verhornung der perifibrillären Hülle bedingt sein. Wie oben erwähnt, finden sich solche steife Fibrillen auch im Plasma der Flimmerzellen der *Phyllirhoë*; nur kommt es wegen der geringen Höhe dieser Zellen nicht zur Ausbildung eines eigentlichen Faserkegels. Da nun Pflüger neuerdings die Richtigkeit der von Apáthy vertretenen Ansicht, daß wir es im Fibrillenconus mit dem Innervierungsmodus

der Flimmerzellen zu tun haben, nicht für ausgeschlossen erachtet, möchte ich besonders auf die Untersuchungen hinweisen, welche Wallengren (142) hinsichtlich der Histogenese des Wimperapparates an den Kiemenleisten der Najaden angestellt hat. Wallengren hat nämlich beobachtet, daß die Wimperwurzeln zuerst in den distalen Teilen der Flimmerzellen zum Vorschein kommen und dann durch eine nach der Basis zu fortschreitende Differenzierung des inneren Cytoplasmas sich weiter entwickeln. Aus diesem Entwicklungsmodus dürfte, wie auch Wallengren selbst hervorhebt, geschlossen werden können, daß die Ansicht Apáthys, nach welcher die Wimperwurzeln nervöse Fibrillen vorstellen, nicht zutrifft.

Die die Flimmerzellen der *Phyllirhoë* verbindenden Fibrillen unterscheiden sich also ebenfalls durch ihre Starrheit, welche sie durch ihren geraden Verlauf bekunden, wesentlich von der sonstigen Natur der Neurofibrillen. Die von Haycraft im Epithel der Schildkröte gefundenen starren Fädchen sieht Pflüger aber ebenfalls als Nervenfasern an und führt auch hier die Starrheit der Fibrillen auf eine Verhornung zurück. Wenn wir diese Erklärung Pflügers auch für die in der obersten Hautschicht der *Phyllirhoë* verlaufenden starren Fibrillen gelten lassen, so ist es möglich, daß die bei *Phyllirhoë* die Flimmerzellen verbindenden feinen Fibrillen nervöser Natur sind. Zumal da, wie oben erwähnt, diese Flimmerzellen mitunter ganglionären Anschwellungen der Hautnerven aufsitzen. Doch ebenso ist die Annahme berechtigt, daß dieses feine Fibrillensystem nur ein Stützgerüst für die Haut bildet.

Bethe (9, S. 101) hat für das periphere Nervensystem der Mollusken ein besonderes Schema konstruiert, welches im wesentlichen aus einem oberflächlichen und tiefen Nervenplexus dargestellt wird; der letztere tritt namentlich zur Muskulatur in Beziehungen, während der erstere in der Hauptsache mit dem Epithel und den Drüsen Verbindungen eingeht. Wenn die die Flimmerzellen der *Phyllirhoë* verbindenden Fibrillen nervöse Primitivfibrillen darstellen, so würde Bethes Schema für diese Nudibranchier insofern zutreffen, als wir dann auch hier ein oberflächliches und tiefes Nervennetz unterscheiden können; letzteres würden bei *Phyllirhoë* die später (S. 46) noch zu beschreibenden Grund- und Endplexus darstellen.

Ob die Flimmerzellen für besondere chemische oder mechanische Reize empfänglich sind, darüber läßt sich nichts aussagen; vielleicht aber kommt ihnen die Aufgabe zu, das Secret der zahlreichen Hautdrüsen

zu einer gleichmäßigen Schicht über das sonst unbedeckte Integument zu verteilen.

Meine Ausführungen über die Histologie des Nervensystems möchte ich mit einer kurzen Bemerkung über die

Regeneration der Nervenfasern

beenden. Zwei Phyllirhoën waren jedenfalls durch einen Feind beträchtliche Verletzungen an den Seitenflächen der Schwanzflossen zugefügt worden. An den vernarbten Stellen laufen die Hautmuskelfasern wirr durcheinander; die centralen und peripheren Stümpfe der zerrissenen Flossennerven haben sich nicht direkt vereinigt, sondern der beträchtliche Defekt in der Nervenbahn ist dadurch ausgeglichen worden, daß aus den beiden Rißenden, welche sich meist schlingenförmig umbiegen, sich neue Nervenfasern gebildet haben, die sich in ein feines Nervennetz auflösen und so den histologischen Zusammenhang zwischen den proximalen und distalen Stümpfen der zerrissenen Nerven wieder herstellen. Nach der fast allgemein acceptierten Theorie Wallers (1852) besteht die Regeneration lediglich in einem Auswachsen des proximalen Nervenfaserrestes, während nach Bethe (10) auch der periphere Stumpf hierbei eine bedeutungsvolle Rolle spielt. Fig. 6 auf Taf. VII stellt das periphere Ende eines zerrissenen Nerven der *Phyllirhoë* dar. Das Rißende *a* hat sich distalwärts umgebogen und ist bei *b* mit dem Hauptstamm verwachsen. Während der Fortsatz α schon an die Muskulatur geht, endet der Ausläufer β frei mit einer sehr kleinen knopfartigen Verdickung. Bei γ finden sich die letzten Ausläufer des Nervennetzes, welches die Verbindung des proximalen Rißendes mit den distalen herstellt. Auffallend ist, daß den zerrissenen Nerven bei *Phyllirhoë* viele ellipsoide Kerne angelagert sind, welche meist zwei Nucleolen haben und von einer geringen Menge körnigen Protoplasmas umgeben sind. Allem Anschein nach haben diese Elemente für den Aufbau des Nervengewebes eine große Bedeutung. Nach Bethe sind bei den Vertebraten am Regenerationsprozeß namentlich die Schwannschen Zellen beteiligt; nach seiner Ansicht geschieht die primäre Vereinigung der Stumpfenden durch Wucherung des Peri- und Endoneuriums, und erst später folgen die wachsenden Nervenfasern diesen Bahnen von neuralem Bindegewebe. Ich erwähne noch, daß bei *Phyllirhoë* kurz vor den Rißenden sich einigemal wohl ausgebildete bipolare Ganglienzellen fanden, welche irgendwelche Wachstumserscheinungen nicht erkennen ließen.

Die Muskulatur.

Wie M. Heidenhain (55) in seinem Referat über die »Struktur der contractilen Materie« hervorhebt, ist die Muskulatur der Wirbellosen histologisch wenig durchgearbeitet; und zwar bestehen nach Fol (34) speziell hinsichtlich der Struktur der Molluskenmuskulatur die widersprechendsten Angaben. Letztere sind nach Wackwitz (139) darauf zurückzuführen, daß die Mehrzahl der Forscher der Meinung waren, man habe es bei allen Mollusken mit gleichgebauten muskulösen Elementen zu tun, und infolgedessen, obwohl sie nur wenig Material zu ihren Untersuchungen herangezogen hatten, Rückschlüsse auf die ganze Klasse der Mollusken zogen. Im Gegensatz zu dieser weit verbreiteten Ansicht schreibt Wackwitz auf Seite 132 seiner Arbeit »Beiträge zur Histologie der Molluskenmuskulatur«: »Nicht bloß bei Tieren verschiedener Ordnung fanden sich total verschieden gebaute Fasern, sondern sehr nahe verwandte Formen ließen manchmal gar keine Berührungspunkte im feineren Bau ihrer Muskelfasern erkennen, ja selbst in einem Tiere, sogar in einem Organe desselben Tieres fanden sich Muskelfasern, die in ihrer Größe, in Ausbildung der contractilen Substanz, in Lage und Struktur des Kernes nichts miteinander gemein haben.« Auch bei *Phyllirhoë* zeichnen sich die einzelnen Schichten der Muskulatur des Leibes durch größere Abweichungen voneinander aus, desgleichen haben die später (vgl. S. 63) zu beschreibenden Herzmuskelfasern ihren besonderen Bau.

Dicht unter der Haut der *Phyllirhoë* liegen zwei Systeme von Muskelfasern; nämlich die Longitudinalfasern, welche vom Kopf bis zum äußersten Ende der Schwanzflosse ziehen, und die vom oberen nach dem unteren Körperrande laufenden Dorsoventralfasern; diese kreuzen die Längsmuskeln an ihrer Oberfläche meist unter einem annähernd rechten Winkel. Da in beiden Schichten die Muskelfasern nicht dicht aneinander liegen, sondern in mehr oder weniger großem Abstand ihren Verlauf nehmen, findet sich unter der Haut der *Phyllirhoë* ein aus rautenförmigen Maschen bestehendes, muskulöses Gitterwerk (Taf. VII, Fig. 1 u. 2).

Die Longitudinalfasern sind zu Bündeln vereinigt, welche im mittleren Teil jeder Körperhälfte am stärksten sind und nach dem oberen und unteren Körperrande zu bedeutend an Umfang abnehmen. Die in jedem Bündel enthaltenen Fasern werden durch eine nur in spärlicher Menge vorhandene Zwischensubstanz zusammengehalten. Eine das ganze Faserbündel umhüllende bindegewebige Scheide, ein Perimysium,

läßt sich zwar einwandfrei nicht nachweisen; den Muskelstämmen liegen aber in größerer Menge sehr häufig die schon bekannten Bindegewebskörperchen (S. 10) an, so daß sie vielleicht doch von einer besonderen Hüllmembran umgeben sind (Fig. 3). Paneth (96, S. 263) hat bei den Pteropoden ebenfalls ein Perimysium nicht beobachtet; dagegen verläuft hier an den Rändern der Muskelbänder bisweilen ein schmaler Protoplasmasaum mit unregelmäßiger Kontur; ein gleichartig beschaffener homogener Saum begrenzt bisweilen auch die Längsmuskelbündel der *Phyllirhoë* (Fig. 2 bei *b*). Die contractile Substanz setzt sich aus dicht aneinander liegenden, feinsten Fibrillen zusammen; sie bildet an den Längsfasern nur eine dünne Rindenschicht, welche, ebenso wie es P. Schultze (118, S. 521) für die Fibrillen der glatten Muskelzellen der Wirbeltiere hervorhebt, auch bei *Phyllirhoë* eine starke Affinität zu den sauren Anilinen besitzt. Nach Fol zeigen zahlreiche Muskelfasern der Heteropoden und Pteropoden einen spiraligen Verlauf der Fibrillen; bei *Phyllirhoë* sind mir derartig gebaute Faserzellen nie zu Gesicht gekommen; desgleichen habe ich nicht in der Hautmuskulatur quergestreifte Fasern angetroffen, wie sie bei den Kiel- und Flügelschnecken namentlich Paneth und Wackwitz beobachtet haben. Die contractile Rindenschicht schließt eine unregelmäßig gekörnte, reich entwickelte Marksubstanz ein; letztere tingiert sich mit Eosin und Orange-G nur schwach. In der Mitte der Faser liegt, ohne daß diese dadurch in der Regel eine wesentliche Auftreibung erfährt, der verschieden gestaltete Kern. Letzterer ist oft lang und stäbchenförmig, häufiger aber auch etwas breiter und kürzer und an seinen Enden quer abgestutzt; er enthält nur einen acidophilen Nucleolus, von dem das schwach entwickelte Chromatingerüst auszugehen scheint. Vom Kern aus verjüngt sich die Faser allmählich nach ihren Enden zu. Die benachbarten Längsfaserbündel sind hin und wieder durch kurze, schräg verlaufende Anastomosen miteinander verbunden; in der Anordnung dieser immer aus mehreren, nebeneinander liegenden Faserzellen bestehenden Verbindungen macht sich eine große Mannigfaltigkeit bemerkbar (Fig. 3). Neben diesen kräftig entwickelten Anastomosen sind die stärkeren Längsfaserbündel durch sehr feine, lange und hintereinander liegende Faserzellen verbunden. Diese feinen, langen Verbindungsstränge hat Panceri (95) als motorische Nerven beschrieben, aus denen feinste Nervenfäserchen — als solche hat er nämlich die Dorsoventralmuskelfasern angesehen — hervorgehen sollen. In der Schwanzflosse werden die Längsbündel durch häufige Teilungen schwächer; schließlich lösen sie sich in die einzelnen Fasern auf, von denen jede sich zu einem

feinsten Fäserchen auszieht, das häufig sich noch mit den Endausläufern benachbarter Fasern verbindet. Auf Querschnitten (Fig. 4) zeigen diese Längsbündel der *Phyllirhoë* denselben Bau, wie ihn Wackwitz von der Flossenmuskulatur der *Carinaria*, *Pterotrachea* u. a. beschrieben hat; in den meist seitlich zusammengedrückten Muskelbündeln sind die quergeschnittenen Fasern von rundlicher Gestalt; an der Peripherie jeder Faserzelle liegen die nur bei sehr starker Vergrößerung erkennbaren Muskelsäulchen, die sich bei der Färbung mit Heidenhains Eisenalaun-Hämatoxylinlösung als schwarze Punkte von der gelblich gefärbten Marksubstanz abheben.

Gar keine Ähnlichkeit mit der eben beschriebenen Längsmuskulatur lassen die Dorsoventralfasern erkennen. Diese bestehen immer nur aus einer Faserzelle, deren Enden sich oft dichotom teilen. Die dadurch entstehenden feinen Ausläufer vereinigen sich mit eben solchen Endästen andrer, ihnen entgegenziehender Dorsoventralfasern; häufig senden auch diese Fasern unter einem spitzen Winkel Verbindungsarme zu ihren unmittelbaren Nachbarn oder zu entfernter liegenden Zellen (Fig. 1 bei *a*, *b*, *c* und Fig. 2); auch mit den Längsfaserbündeln sind sie hin und wieder durch Anastomosen vereinigt. Es finden sich also bei *Phyllirhoë* verzweigte und miteinander kommunizierende Muskelzellen; auch Wackwitz hat das Vorkommen derartiger Fasern bei den Heteropoden und Pteropoden bestätigt, während Paneth diesen zuerst von Gegenbaur gemachten Befund bestreitet. Was nun die feinere Struktur dieser Fasern angeht, so sind sie aus feinsten Fibrillen zusammengesetzt. Der kleine runde Kern liegt in der Regel in der Mitte der Faser; oft tritt er aber auch von etwas Sarcoplasma umgeben bruchsackartig hervor. Während Boll früher behauptete, daß der Kern bei allen Mollusken ausnahmslos axial liege, haben in neuerer Zeit Knoll (64, S. 665) in dem Fuße von *Pleurobranchaea*, Fol bei *Dentalium* im Schlundkopf und Wackwitz im Oesophagus von *Carinaria* Muskelfasern mit seitlich gelagertem Kern beobachtet. Die Marksubstanz ist in den Dorsoventralfasern nur spärlich verhanden; abgesehen von der um den Kern vorhandenen Plasmamenge finden sich im Verlaufe der Faser zwischen den Fibrillen nur wenige, reihenweise angeordnete Markkügelchen. Eine Eigentümlichkeit der Dorsoventralfäserchen sind die kleinen flügelartigen Verbreiterungen, die viele Fasern an ihren Rändern zeigen; von diesen Anhängseln gehen häufig feine Fibrillen zu den benachbarten Fasern (Fig. 2 *a*). Nach M. Heidenhain (S. 139) findet sich an den glatten Muskelzellen der Wirbellosen stets ein Sarcolemm. Diese Behauptung muß für die

Mollusken eine gewisse Einschränkung erfahren. Margo, Knoll, Fol u. a. haben allerdings auch an Molluskenmuskeln ein zartes, aber deutliches Sarcolemm beobachtet, dagegen konnten Paneth und Wackwitz sich nicht von der Existenz einer solchen Hüllmembran überzeugen. Auch an den Dorsoventralfasern der *Phyllirhoë*, die, wie schon erwähnt, stets nur aus einer Zelle bestehen, ist von einem Sarcolemm nichts zu finden; nur ein unregelmäßig begrenzter, homogener Protoplasmasaum, wie wir ihn schon bei den Längsfaserbündeln kennen gelernt haben, umgibt bisweilen diese Muskelzellen. Erwähnen will ich noch, daß bei der Doppelfärbung mit Hämatoxylin-Eosin die Dorsoventralfasern im Gegensatz zu der intensiv rot tingierten Längsmuskulatur völlig ungefärbt bleiben.

Die Dorsoventralfasern werden übrigens, namentlich im mittleren Drittel jeder Körperhälfte, von bedeutend kräftigeren Fasern in der Richtung von oben und vorn nach hinten und unten gekreuzt. Diese Fasern, die meist einen etwas geschlängelten Verlauf zeigen, liegen bisweilen zu zweien nebeneinander; ihr Kern liegt nicht immer an der dicksten Stelle der Faser (Fig. 7); sonst zeigen aber diese Gebilde die gleiche Struktur wie die übrigen Dorsoventralfasern.

Ein ganz andres Aussehen haben die Transversal- oder Parenchymmuskelfasern, welche zuerst von Bergh (7) beobachtet worden sind; er hat sie aber als bindegewebige Elemente gedeutet. Diese Fasern sind in den obersten und untersten Körperpartien am zahlreichsten vorhanden; die wenigen Fasern, welche die mittlere Körperpartie durchlaufen, halten die Eingeweide in ihrer Lage (Taf. VIII, Fig. 1). Diese Fasern sind von runder oder bandartiger Gestalt (Taf. VII, Fig. 8). In den sehr schmalen Fasern liegt der häufig stäbchenförmige Kern in dem Markraum der Faser oder ist von etwas Marksubstanz umgeben dem Fibrillenbündel seitlich angelagert. Die Enden jeder Faserzelle lösen sich in ein Büschel feinster Fibrillen auf, die an den Rändern der longitudinalen und dorsoventralen Muskelfasern (Fig. 2 bei ××) mit einer sehr kleinen protoplasmatischen Anschwellung enden; auch diese Fibrillenbündel hat Panceri als motorische Nerven angesehen. Häufig vereinigen sich die feinen Ausläufer mit ebensolchen Endästen benachbarter Parenchymmuskeln. Den transversalen Fasern, die an ihren Rändern meist einen homogenen Protoplasmasaum zeigen, liegen in großer Menge die schon bei den Längsmuskelfasern erwähnten kleinen, abgeplatteten Zellen seitlich an. Interessant ist aber die Verbindung dieser Fasern mit eigenartig gestalteten Zellen. Es liegen ihnen nämlich größere, meist etwas abgeplattete Zellen dicht an, deren Plasma

einige Vacuolen und einen bläschenförmigen Kern mit einem verhältnismäßig großen Nucleolus einschließt (Fig. 8 bei *P*). Ähnliche Zellen sind in Verbindung mit Muskelfasern von Knoll (S. 673) bei den Crustaceen, ferner von Wackwitz (S. 150) in der Salpenmuskulatur beobachtet worden; während diese Autoren sich über die Natur der Zellen nicht äußern, haben Zernecke (143) und Bettendorf (11) derartige Gebilde bei den Cestoden und Trematoden als Myoblasten gedeutet. Vor kurzem hat E. André (3, S. 75) von einem neuen Genus der Familie der Phyllirhoiden, welches er dem Entdecker zu Ehren *Ctilopsis Picteti* nennt, ebenfalls große, bandartigen Fasern angelagerte Zellen beschrieben und in Fig. 2 auf Taf. I seiner Arbeit abgebildet; er vermutet, daß diese Gebilde, die er, wie er selbst hervorhebt, nur flüchtig untersucht hat, Myoblasten darstellen, und zwar sollen sie bei *Ctilopsis* in vier gleichweit voneinander entfernten Längsreihen angeordnet sein. Ich halte diese Zellen bei *Phyllirhoë* für identisch mit den Plasmazellen Brocks und werde später (S. 78) bei der Beschreibung der excretorischen Elemente noch einmal auf sie zu sprechen kommen.

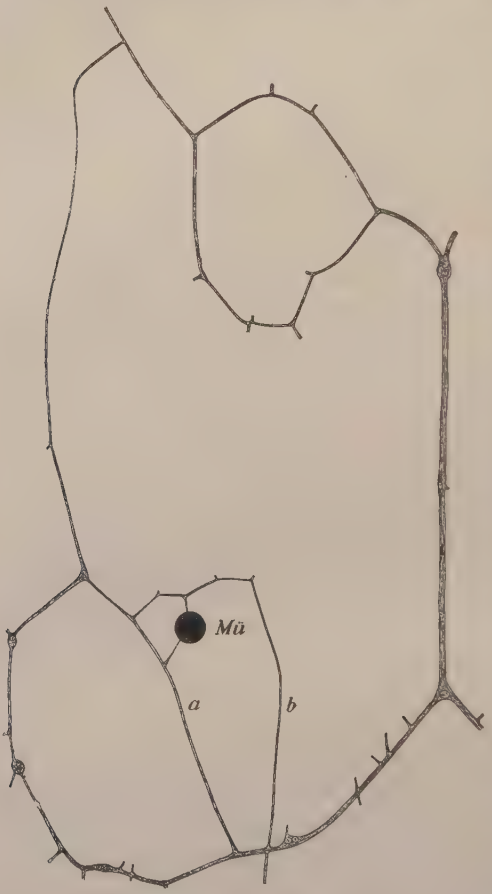
Die Innervation der Muskulatur.

Die an die Muskelfasern herantretenden Nerven sind keine rein motorischen Nervenfasern, insofern sie auch die übrigen Elemente der Haut innervieren; auch versorgt ein und derselbe Nerv gleichzeitig Longitudinal-, Dorsoventral- und Parenchymmuskulatur. Doch bevor ich in meinen Angaben über die Innervierung der Muskulatur fortfahre, möchte ich auf die vor kurzem von F. B. Hofmann (58) veröffentlichten »Histologische Untersuchungen über die Innervation der glatten und der ihr verwandten Muskulatur der Wirbeltiere und Mollusken« näher eingehen.

Hofmann hat bei den von ihm untersuchten Tieren feststellen können, daß aus den zur Muskulatur hinziehenden Nervenbündeln durch Abschwenkungen und Teilungen der in ihnen enthaltenen gröberen Nervenfasern zunächst ein Nervengeflecht, der Grundplexus, sich bildet. Letzterer ist vor allem dadurch charakterisiert, daß er von der Verlaufsrichtung der Muskelzüge unabhängig ist. Von diesem Grundplexus gehen einzelne feine Nerven zur Muskulatur, welche ganz dicht an den Muskelfasern hinziehen und infolgedessen die Anordnung der Muskulatur sehr genau wiedergeben. Die von den früheren Autoren beschriebenen knöpfchenförmigen Enden dieser Nerven hält Hofmann für infolge unvollständiger Färbung hervorgerufene Kunstprodukte; vielmehr lassen sich nach ihm die Nervenfädchen an den Muskelzellen fortwährend weiter verfolgen, und es bilden so mindestens die Teiläste

einer jeden einzelnen zur Muskulatur hinziehenden Nervenfaser unter sich ein wahres Endnetz.

Während nun HOFMANN einen kontinuierlichen Zusammenhang zwischen Grund- und Endplexus nur selten feststellen und die schleifenförmige Verbindung der Endverzweigungen einer Stammnervenfaser untereinander in den meisten Fällen infolge des kapriziösen Verhaltens der angewandten Färbemethoden nur »nach der ganzen Konfiguration mit großer Wahrscheinlichkeit« erschließen konnte, lassen sich an Phyllirhoën, die nur mit FLEMMINGscher Lösung fixiert sind, infolge der durchsichtigen Beschaffenheit dieser Tiere die Innervationsverhältnisse an den Hautmuskeln bis in ihre feinsten Details einwandfrei feststellen.



Textfig. 1.

Ein Teil des von den Hautnerven gebildeten Grundplexus (F. B. HOFMANN). Die Äste *a* und *b* stimmen mit N^1 und N^2 der Fig. 1 auf Taf. VII überein. Es sind nicht alle miteinander anastomosierenden Seitenzweige eingezeichnet. *Mü*, MÜLLERsche Zelle. Der Verlauf der Nerven wurde bei 500facher Vergrößerung festgestellt. Die Zeichnung dehnte sich über etwa 32 Gesichtsfelder aus; sie ist jetzt auf ein Fünftel verkleinert.

Die Teiläste der Hauptnervenstämme der *Phyllirhoë* bilden zahlreiche Anastomosen untereinander, und es kommt so ein aus unregelmäßigen Maschen bestehendes Nervennetz zustande, welches sich über den ganzen Körper ausdehnt, besonders aber in den hinteren Regionen wohl ausgebildet ist (vgl. d. Textfig.). Dieses Geflecht, welches in seinem Verlauf durch die Anordnung der Muskulatur nicht beeinflußt wird, entspricht dem HOFMANNschen Grundplexus. Da nun bei *Phyllirhoë* an diesem Plexus sämtliche aus den vier Schlundganglien

entspringende Nervenstämme beteiligt sind, gelangt man von einem Knotenpunkt dieses Grundplexus je nach der Richtung des eingeschlagenen Weges nach dem Cerebropleural- bzw. Pedalganglion. Besonders möchte ich die interessante Beobachtung hervorheben, daß bei *Phyllirhoë* am dorsalen und ventralen Rande Nerven von der einen Körperseite auf die andre hinüberwechseln; ich habe mich mehrmals einwandfrei davon überzeugen können, daß auf diese Weise der rechte und linke Grundplexus miteinander in Verbindung stehen[1].

Von den Zweigen des Grundplexus gehen nun die Nerven zur Muskulatur. Die Längsmuskeln werden von dickeren Nerven gekreuzt, die mitunter einen kurzen Ast zur Faser senden, der sich hier zu einer relativ großen, reich gekörnten Anschwellung verbreitern kann. Hervorheben möchte ich, daß auch bei *Phyllirhoë* sich die Innervierung keineswegs immer in der Nähe des Kernes findet, und zwar gilt dies nicht nur für die Longitudinalfasern, sondern auch für die übrigen Muskelsysteme. Von älteren Autoren, Frankenhäuser, Lustig u. a., war nämlich behauptet worden, daß die Nerven mit den Kernen der glatten Muskelfasern in Verbindung treten. Für die Vertebraten ist diese Angabe besonders durch die umfangreichen Untersuchungen P. Schultzes (118, S. 545), für die Wirbellosen durch Apáthy (4, S. 691) widerlegt worden. An den Längsfasern nun stellen die eben erwähnten Nervenhügel, die meist einen Kern enthalten, wirkliche Nervenendigungen nicht dar; ich habe mich fast immer davon überzeugen können, daß von der Anschwellung aus noch ein feinkörniger Strang die Muskelfasern entlang zieht. Eigenartig ist die Innervation der transversal verlaufenden Muskelfasern. Die feinen Ausläufer dieser Zellen endigen an den Hautnerven in einer Weise, welche vollkommen der schon beschriebenen Endigung dieser Muskelzellen an den beiden Muskelsystemen der Haut gleicht (Fig. 2 ×××). Ebenso auffallend ist die bisweilen zu beobachtende Innervation, bei der ein Endausläufer einer Parenchymfaserzelle in der Weise in ein feinstes, ihm entgegenziehendes Nervenfäserchen übergeht, daß man nicht mehr erkennen kann, wo der Nerv aufhört und die muskulöse Faserzelle beginnt (Fig. 2 ×). Letztere Art der Innervierung scheint der von Apáthy bei *Ascaris* und *Pontobdella* mitunter beobachteten Innervation zu entsprechen.

[1] Ein für diese Beobachtung geeignetes Präparat wird am besten in der Weise hergestellt, indem man am Anfang der Flosse ein schmales Stück vom Hautrande abschneidet, unter der Lupe die die beiden Körperseiten verbindenden Parenchymmuskelfasern durchtrennt und nun auf einem Objektträger die beiden Randflächen durch leichten, mittels eines feinen Haarpinsels ausgeübten Druck in eine Ebene zu bringen sucht.

Sehr schön ist die Innervierung an den Dorsoventralfasern zu beobachten, da sie äußerst fein und infolgedessen in ihrer ganzen Tiefe mit den stärksten Ölimmersionssystemen zu durchmustern sind. Die an diese Muskelzellen herantretenden Nerven kreuzen dieselben an ihrer Unterfläche, wobei sich der Nerv etwas verbreitert; von dieser Verbreiterung aus, die mitunter kleine runde Kerne birgt, entsendet der Nerv häufig nach den beiden entgegengesetzten Richtungen hin jederseits einen die Muskelfaser entlang laufenden Zweig. Ein solches Fäserchen, dessen Verlauf durch die den feineren Nerven eigentümlichen, lichtbrechenden Körnchen gekennzeichnet ist, läßt sich in der Regel bis zu einem dieselbe Faserzelle kreuzenden Nerv verfolgen. Häufig wird ein und dieselbe Dorsoventralfaser von drei bis fünf Nerven gekreuzt, welche sämtlich durch solche die Muskelzelle entlang laufenden Körnchenreihen verbunden sind und sich alle bis zu demselben Nervenstamm zurückverfolgen lassen. Häufig geht die Körnchenreihe auf eine andre, die Faserzelle kreuzende Dorsoventralfaser über und läßt sich dann hier bis zu einem andern Nerv verfolgen. Diese Körnchenreihen bilden also bei *Phyllirhoë* den Endplexus. In instruktiver Weise zeigt Fig. 1 auf Taf. VIII diese Innervationsverhältnisse. Erwähnen will ich nur hier, daß die in dem Bilde mit N_1, N_2 und N_3 bezeichneten Nervenfäserchen alle aus demselben Hauptstamm hervorgehen; N_1 und N_2 entsprechen übrigens den Fasern *a* und *b* der weiter oben stehenden Textfigur. Das weitere Verhalten der Nerven dürfte wohl aus der der Fig. 1 beigegebenen Erklärung ersichtlich sein. Wenn ich demnach häufig, namentlich an den Muskelzellen der Flosse, dieses schlingenförmige Ineinanderlaufen der Nerven direkt habe nachweisen können, so muß ich doch betonen, daß in vielen Fällen ein freies Auslaufen der Körnchenreihen feststeht (Fig. 1 bei × ×). Mangold (84), der dieser Frage auch vor kurzem seine Aufmerksamkeit gewidmet hat, hebt hervor, daß er an den die quergestreiften Skelettmuskeln der Arthropoden umspinnenden Nervenfibrillen niemals eine Anastomose beobachtet hat.

In einer seiner letzten Publikationen ist Pflüger (100) mit Entschiedenheit für den direkten Übergang der nervösen Materie in das Myoplasma eingetreten. Nach Pflüger aber legt sich die Nervenfibrille nicht nur oberflächlich der Muskelzelle an, sondern er ist namentlich infolge der von Apáthy an *Pontobdella* gemachten Beobachtungen der Meinung, daß die Nervenfaser in das Innere der Muskelfasern eindringt und darin endigt. Mangold macht gegen die Apáthysche Angabe den m. E. berechtigten Einwand, daß für derartige Beobachtun-

gen die Ausführung von Querschnitten unbedingt erforderlich ist, während Apáthy diese Frage nur an Totalpräparaten studiert hat. Mangold sieht die Schlußfolgerungen Apáthys allein schon aus dem Grunde als etwas voreilig an, weil bei der Goldmethode, welcher Apáthy sich bedient, »oft nicht garantiert werden kann für die wirklich nervöse Natur eines so minimalen Strukturelementes«. An den Dorsoventralfasern der *Phyllirhoë* sind Muskel- und Nervensubstanz anscheinend direkt aneinander gelagert. Wie schon auf S. 44 erwähnt wurde, fehlt den muskulösen Faserzellen das Sarcolemm, aber auch an den an sie herantretenden Nervenfädchen habe ich mich von dem Vorhandensein einer besonderen Hüllmembran nicht überzeugen können. An den die Dorsoventralfasern entlang laufenden Körnchenreihen ist eine fibrilläre Struktur nicht mehr erkennbar, da diese Muskelzellen selbst eine feine fibrilläre Längsstreifung haben. Sicher sind aber auch in diesen Körnchenreihen noch Neurofibrillen enthalten, da die von der Muskelzelle abtretenden Nervenfädchen nicht homogen, sondern fibrillär gebaut sind. Nach dem ganzen Verhalten der Nervenfädchen bezweifle ich, daß bei *Phyllirhoë* Neurofibrillen in die Muskelzelle eindringen; jedoch kann ich mit Sicherheit nichts darüber aussagen. Bezüglich der Nervmuskelfrage dürfte wohl der Hinweis von Interesse sein, daß Paneth (96) und Joseph (63) bei den Pteropoden und Heteropoden ein intramuskuläres Nervennetz beschreiben.

Die Betheschen Nervennetze.

Die mit der Silberimprägnationsmethode Golgis erzielten Resultate der histologischen Forschung hatten Waldeyer (141) im Jahre 1891 Veranlassung gegeben, seine Anschauung von dem Aufbau des Nervensystems in folgender Weise zu formulieren: »Das Nervensystem besteht aus zahlreichen untereinander anatomisch wie genetisch nicht zusammenhängenden Nerveneinheiten (Neuronen). Jede Nerveneinheit setzt sich zusammen aus drei Stücken: der Nervenzelle, der Nervenfaser und dem Faserbäumchen (Endbäumchen).« Unter den von den Gegnern der Neuronenlehre angeführten Argumenten finden sich auch die Betheschen Nervennetze, die bekanntlich durch direkte plasmatische Anastomosen zwischen benachbarten Ganglienzellen entstehen sollen. Während nach Bethe (9) und Jordan (62) namentlich bei den Mollusken diese Netze weit verbreitet sind, hat F. B. Hofmann in den peripheren Nerven der von ihm untersuchten Cephalopoden nur zwei einwandfreie Ganglienzellen, und zwar unipolare, gefunden. Er bestreitet daher für die Cephalopoden das Vorkommen von specifischen

Bethe'schen Nervennetzen. Nach einer Durchsicht der einschlägigen Literatur kommt Hofmann überdies zu der Ansicht, daß von allen Angaben nur die von Chun (21) mitgeteilten Beobachtungen an dem durchsichtigen Tiefseecephalopoden *Bolitaena* auf das Vorhandensein von Nervennetzen im Sinne Bethe's hinweisen. Doch Hofmann hält es nicht für ausgeschlossen, daß die von Chun an den Teilungsstellen der Nerven beobachteten Kerne nicht peripheren Ganglienzellen, sondern nur den Nervenhüllen angehören[1]. Ich möchte daran erinnern, daß

[1] Seine Ansicht begründet Hofmann auf S. 393 folgendermaßen: »Daß man diese Kerne an nicht specifisch gefärbten Präparaten mit den Nervenbündeln in eins verschmolzen sieht, bildet gar keinen Grund zu der Annahme, daß dies in Wirklichkeit der Fall ist. Man kann ja an solchen Präparaten auch nicht die einzelnen Nervenfädchen, aus welchen die Nervenbündel zusammengesetzt sind, voneinander sondern. Das gelingt erst durch eine specifische Nervenfärbung, wie die vitale Methylenblaufärbung.« In demselben Sinne beurteilt auch Apáthy die an Osmiumpräparaten gewonnenen Resultate; nach ihm haben die älteren Autoren nicht die eigentlichen Neurofibrillen, sondern nur die interfibrilläre Substanz gesehen; die fibrilläre Struktur der Nerven war ihnen also nur »durch das Negativ der Fibrillen« bekannt. Nach Bethe aber hat Max Schultze in den peripheren Nervenfasern die Primitivfibrillen durch Osmiumsäure wirklich dargestellt; ebenso weist Oscar Schultze (120) den hinsichtlich dieser Beobachtung seines Vaters von Apáthy gehegten Zweifel energisch zurück. Auch ich möchte hier nochmals betonen, daß ich mich in meinen Flemming-Präparaten von der Existenz der Neurofibrillen einwandfrei überzeugen konnte; selbst in den feinsten Nervenfädchen sind sie bei Gasglühlicht und zweckmäßiger Anwendung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates infolge ihrer starken Lichtbrechung noch deutlich erkennbar. Mit dem Hämatein Ia, welches nach Apáthy eine »specifische« Nervenfärbung ermöglicht, habe ich trotz aller möglichen Kautelen dieselben Erfahrungen wie Bethe (28, S. 931) gemacht; es färbten sich nur die dicken Fibrillenbahnen, dagegen nicht die feinen Nervenausläufer; bei *Phyllirhoë* tingierten sich übrigens die Muskelfasern mit dem Hämatein Ia. Die vitale Methylenblau- oder Golgi-Methode konnte ich nicht anwenden, da mir nur konserviertes Material zur Verfügung stand. Auch bezweifle ich, daß mir die Anwendung dieser Methoden irgendwelchen Vorteil gebracht haben würde. Denn Gilchrist (37, S. 179) hat Methylenblau und Goldchlorid bei den kleinen, durchsichtigen Nudibranchiern mit völlig negativem Erfolge benutzt. Ferner haben an pelagischen Mollusken Joseph (63) und Paneth (96) die schon bei zahlreichen andern Untersuchungsobjekten gemachte Beobachtung bestätigt, daß bei diesen »electiven« Nervenfärbungen außer den Nerven auch die Muskulatur und die bindegewebigen Elemente den Farbstoff annehmen. Auch Hofmann konstatierte diesen Übelstand; außerdem führt er auf S. 371 an, daß eine scharfe Differenzierung der einzelnen Fibrillen in seinen Methylenblaupräparaten nicht vorhanden ist; »es ist außer den Fibrillen auch die Zwischensubstanz mitgefärbt«. Diese Beobachtung Hofmanns steht in einem gewissen Widerspruch zu seiner von mir am Anfang dieser Fußnote zitierten Angabe. Durch diese kritischen Bemerkungen sollen

schon früher Waldeyer (140) und Solbrig (124) bei Wirbellosen keine Ganglienzellen an den Nerventeilungen konstatieren konnten; desgleichen spricht Grobben auf S. 111 des Lehrbuches der Zoologie von Claus die Ansicht aus, daß die an den Nerven der Wirbellosen sich findenden Kerne der bindegewebigen Scheide angehören. In Ergänzung der von Bethe und Hofmann gemachten Literaturangaben führe ich hier noch kurz einige Mitteilungen aus der Literatur über das Vorkommen von Nervennetzen bei Mollusken an.

In der Haut der Heteropoden und Pteropoden hat Gegenbaur (36) ein reiches Nervennetz beobachtet, dessen Knotenpunkte als kernhaltige Anschwellungen erscheinen. Namentlich die Abbildung, die er auf Taf. III bei Fig. 3 von dem Endnetz der Flossennerven von *Cymbulia Peronii* gibt, erinnert lebhaft an die Betheschen Nervennetze. Die Existenz eines peripheren Nervennetzes bei diesen Tieren ist später von Paneth (96) bestätigt worden; bei *Cymbulia* sind die Zellen im Nervennetz »so willkürlich und wie zufällig angebracht«, daß Paneth geneigt ist, sie nicht als nervöse Centren, sondern als Reste von Bildungsmaterial anzusehen. Ferner beschreibt Edinger (27) ein in der Haut der *Pterotrachea* liegendes Nervennetz; in den Knotenpunkten, sowie in dem Verlauf der Nerven finden sich auch hier Ganglienzellen meist bipolarer Natur mit rundem Kern und mehreren Kernkörperchen. In neuerer Zeit hat List (81) bei den Mytiliden beobachtet, daß die Ausläufer der Mantelrandnerven unter dem Epithel ein an Ganglienzellen reiches Nervennetz bilden.

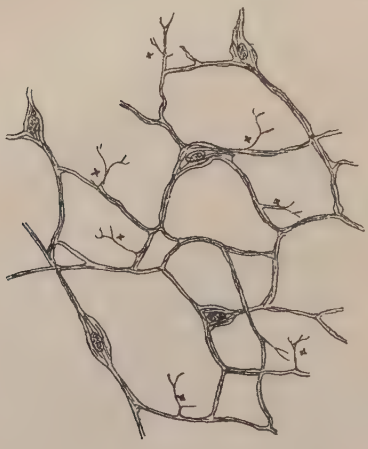
Nach Retzius (110) sind die bei verschiedenen Evertebratenklassen beschriebenen Netze von verästelten peripheren Nervenzellen »sehr problematischer, dubiöser Natur«; schon früher, nämlich im Jahre 1904 hat Retzius in der Diskussion, welche dem von Oskar Schultze auf der Anatomenversammlung in Jena gehaltenen Vortrag über die Entwicklung des peripheren Nervensystems folgte, erwähnt, daß er bei Wirbeltieren und Wirbellosen nie periphere Netze, sondern nur Geflechte der Fortsätze von Zellen beobachtet hat. Wie auch O. Schultze (120) hervorhebt, ist es dringend erforderlich, daß wir durch neue Arbeiten weitere Aufklärung über die peripheren Nervennetze der Wirbellosen finden. Da mir die Durchsichtigkeit der *Phyllirhoë*

---

natürlich die ungeahnten Fortschritte, die wir seit der Anwendung der Methylenblau- und Golgi-Methode in unsrer Kenntnis des Nervensystems gemacht haben, nicht im geringsten geschmälert werden, es soll nur die Ansicht Hofmanns zurückgewiesen werden, daß zum Studium der Innervation immer die Anwendung einer der genannten Färbungsmethoden erforderlich ist.

gestattete, die Nerven in ihrem ganzen Verlauf zu verfolgen, so dürften wohl auch meine Beobachtungen einiges Interesse beanspruchen können.

Bei den Nervennetzen ist von Bedeutung die Entscheidung der Frage, ob die Fortsätze der Ganglienzellen »ganz breit ineinander übergehen«, wie es Bethe lehrt und in dem Schema zeigt, welches er seiner in der Deutschen Medizinischen Wochenschrift (30. Jahrg. 1904) veröffentlichten Abhandlung »Der heutige Stand der Neurontheorie« beigibt. — Zum besseren Verständnis der weiteren Angaben sei auf die nebenstehende Kopie dieses Schemas hingewiesen. — Würden sich nämlich solche durch direkte plasmatische Anastomosen verbundene Ganglienzellen finden, so würde dies im Gegensatz zu der vorhin zitierten Definition des Neurons stehen. Denn nach der Neuronenlehre soll das Nervensystem aus morphologischen Einheiten, den Neuronen, zusammengesetzt sein, welche nur auf dem Wege der Apposition zueinander in Beziehung treten; ein Übergang per continuitatem dagegen soll niemals bestehen. Bei einem Vergleiche der in Fig. 1 auf Taf. VI dargestellten Nervenmasche aus dem Grundplexus der *Phyllirhoë* mit dem Schema Bethes könnte vielleicht die Vermutung berechtigt erscheinen, daß die Zellen c^1 und c^2 als zwei miteinander anastomosierende, tripolare Ganglienzellen aufzufassen sind, und das bei * abgehende Fibrillenbündel, welches die Muskulatur und die Hautdrüsen innerviert, aus beiden Zellen seinen Ursprung nimmt, entsprechend den in der Skizze Bethes bei × zur Muskulatur ziehenden Fasern. Schon früher (S. 32) habe ich aber erwähnt, daß in Präparaten, die mit Flemmingscher Lösung fixiert sind — auch die Fig. 1 auf Taf. VI stammt von einem solchen Präparat —, der Zellleib der peripheren Ganglienzellen meist nur schwer zu erkennen ist; dagegen hebt sich in den Nervenstämmen der *Phyllirhoë* bei Objekten, die mit Chromessigsäure fixiert und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt sind, der dunkelrote Zellleib der Ganglienzellen mit den Ausläufern scharf von dem nur blaßrot tingierten Fibrillenbündel ab (Taf. V, Fig. 16). Derartige Präparate zeigen



Textfig. 2.

einwandfrei, daß bei *Phyllirhoë* periphere Ganglienzellen, die durch dicke Protoplasmabrücken miteinander verbunden sind, wie es Bethe lehrt, nicht vorkommen. Die Ganglienzellfortsätze verjüngen sich vielmehr sehr schnell und entziehen sich bald der weiteren Beobachtung, und es wird wohl durch keine Methode festzustellen sein, ob sie mit den Ausläufern andrer Ganglienzellen anastomosieren, zumal da in den zunächst gelegenen Knotenpunkten des Plexus sich dann meist wieder gar keine Zellen vorfinden (vgl. die Textfigur auf S. 46). Nur einmal, und zwar bei den in Fig. 5 auf Taf. VI mit *a* und *b* bezeichneten Zellen, halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß sie eine Anastomose miteinander eingehen. Ferner habe ich an den den Nerven seitlich angelagerten, multipolaren Ganglienzellen (S. 32) einmal einwandfrei eine Anastomose feststellen können; aber es handelte sich auch hier, wie Fig. 5 auf Taf. VII zeigt, nicht um eine breite Protoplasmabrücke, sondern um eine äußerst feine Verbindung zwischen zwei Ganglienzellen. Während bei Bethe die von den Ganglienzellen des Netzes ausgehenden Fasern je einem Ganglienzellfortsatz entsprechen, findet man bei *Phyllirhoë*, daß die von den Teilungswinkeln des Grundplexus ausgehenden Nervenstämme, vorausgesetzt, daß eine oder mehrere Ganglienzellen an diesen Punkten eingelagert waren, außer den Fortsätzen dieser Zellen auch noch Fibrillen enthalten, welche aus benachbarten Nerven kommen und an den eingelagerten Zellen entlang ziehen. Sehr lehrreich ist für diese Ausführungen die in Fig. 8 auf Taf. VI abgebildete Zelle; allerdings handelt es sich hier um eine Ganglienzelle aus dem sympathischen Plexus; jedoch darf ich auf diese Zelle hinweisen, da die Knotenpunkte des Grundplexus ganz dasselbe Verhalten zeigen.

Die Drüsen.

Von den drüsigen Organen der *Phyllirhoë* will ich zunächst diejenigen erwähnen, welche schon Vissichelli beschrieben hat, nämlich die Lippendrüse, die Fußdrüse und die mehrzelligen Hautdrüsen.

Die Lippendrüse.

Bergh hat im Jahre 1870 nur mitgeteilt, daß die Lippen der *Phyllirhoë* von Drüsenzellen umsäumt werden. Auch die von Vissichelli über diese Drüsen gemachten Angaben erscheinen mir der Ergänzung bedürftig. Die Mundöffnung der *Phyllirhoë* ist rund und nur an der Oberlippe ein wenig geteilt. Unter dem Epithel, besonders an den äußeren Lippenwinkeln, liegen einzellige Schleimdrüsen (Taf. IV,

Fig. 6, *A*). Die eigentliche Lippendrüse befindet sich unter dem inneren Epithel der Unterlippe dicht vor dem Pharynx. Sie setzt sich zusammen aus mehreren Zellgruppen, von denen jede von einer gemeinsamen Membran umgeben ist (Taf. VIII, Fig. 5). Anscheinend hat aber jede Zelle einen eignen langen Ausführungsgang. Zwischen den Drüsenzellen lassen sich kleinste Kerne nachweisen, die vielleicht Stützzellen angehören; letztere sind bekanntlich nach Thiele (132) bei den Mollusken in allen vom Ectoderm sich bildenden Drüsen vorhanden. Das Plasma der Drüsenzellen ist vacuolisiert oder fein granuliert. Außer der Struktur unterscheidet sich die Lippendrüse von den übrigen Munddrüsen durch ihr Verhalten gewissen Farblösungen gegenüber. Mit Pikrokarmin färbt sich die Lippendrüse schwach gelblich, mit Indigokarmin-Mucikarmin zart blaugrün und bei Anwendung der Doppelfärbung mit Delafieldschem Hämatoxylin und Eosin etwas rötlich. Die Drüse hat also niemals die für Mucin charakteristische Farbenreaktion gezeigt, während dies bei den oben erwähnten Schleimzellen stets der Fall gewesen ist. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, daß die von mir untersuchten Lippendrüsen ihren Inhalt gerade ausgeschieden oder erst unreifes Secret enthalten haben. Übrigens hebt Thiele ebenfalls hervor, daß die Lippendrüse der Prosobranchier, die er für eine mucöse Drüse ansieht, häufig die für Mucin typische Färbung nicht zeigt.

Beiläufig bemerke ich, daß die beiden sackförmigen Speicheldrüsen, die Bergh ebenfalls schon beschrieben hat, ein acidophiles Secret liefern.

Die Fußdrüse.

Nachdem Günther (44) darauf aufmerksam gemacht hatte, daß der hinter dem Kopf gelegene, eingeschnürte Körperteil der *Phyllirhoë* mit besonders entwickelten Drüsenzellen ausgestattet ist, untersuchte ich diese Stelle auf Schnitten näher. Da nun aber inzwischen Vissichelli diesen Drüsenstreifen eingehend beschrieben und auch schon als Fußdrüse richtig gedeutet hat, kann ich mich auf wenige Bemerkungen beschränken. Die von Vissichelli als »tegumento del piede« bezeichneten Epithelzellen tragen ein Büschel feiner Flimmerhaare, während die den Boden der Drüse bedeckenden, sehr kleinen Epithelzellen einen Bürstenbesatz haben, der einer kräftigen, sich mit Eosin und Pikrinsäure lebhaft färbenden Cuticula aufsitzt. Für das Studium der zwischen diesen Zellen mündenden Drüsenzellen sind Längsschnitte am geeignetsten; man findet dann in mit Chromsäure fixierten und mit Hämalaun-Eosin gefärbten Präparaten neben fein

granulierten, ungefärbten Zellen solche, deren Inhalt homogen und blau tingiert ist; an diese Zellen habe ich häufig sehr dünne Nervenfäserchen herantreten sehen. Erwähnen will ich noch, daß Elise Hanel (49) bei der der *Phyllirhoë bucephala* verwandten *Cephalopyge trematoides* (Chun) schon eine Fußdrüse beschrieben hat. Desgleichen sieht E. André (3) bei dem schon oben (S. 45) erwähnten neuen Genus der Phyllirhoiden, *Ctilopsis Picteti*, einen am ventralen Körperrande hinter der Mundöffnung gelegenen Drüsenstreifen als das Rudiment einer Fußdrüse an.

Die mehrzelligen Hautdrüsen.

Während H. Müller und C. Gegenbaur schon 1854 die drüsige Natur dieser Hautorgane erkannt haben, hat sie in neuerer Zeit Günther (59) als die befruchteten und schon in der Teilung begriffenen Eier der *Menestra* gedeutet. Hinsichtlich der Funktion dieser Drüsen kann ich Vissichelli, der sie für Schleimdrüsen ansieht, nicht beipflichten. Auffallend ist allerdings, daß diese Drüsen sich intensiv mit Böhmers und Delafields Hämatoxylin färben. Behandelt man losgelöste Hautteile mit Hämalaun-Indigokarmin-Mucikarmin, so beobachtet man zwar oft einen rotgefärbten, also Schleim enthaltenden Zellleib; bei eingehenderer Beobachtung findet man jedoch, daß dieser Zellleib einer selbständigen mucösen Drüsenzelle angehört, und daß diese Hautorgane vielmehr scharf konturierte, grünlich gefärbte Körner ausscheiden; sie sind daher nicht als Schleim-, sondern als Eiweißdrüsen zu deuten. Noch schärfer tritt die seröse Natur des Secrets hervor, wenn man Querschnitte durch diese Körperpartien anfertigt und sie mit Hämalaun-Eosin färbt (Taf. VIII, Fig. 6 *b*). Diese Drüsenzellen, von denen jede ihren eignen Ausführungsgang hat, zeigen nicht alle immer dieselbe Struktur. Neben kleineren, mit den eosinophilen Körnern beladenen Zellen, finden sich, etwas tiefer gelegen, größere blasenförmig aufgetriebene Zellen mit einem sehr großen, chromatinreichen, meist runden Kern, dessen Nucleolus sich intensiv mit Eosin tingiert. Um den Kern findet sich eine mehr oder weniger starke Protoplasmaschicht, die sich halbmondförmig von dem oberen Zellteil abhebt, in welchem sich hin und wieder die scharf konturierten Körner wahrnehmen lassen. Daß alle in einer Gruppe vorhandenen Zellen stets von einer gemeinschaftlichen Membran umgeben werden, erscheint bisweilen zweifelhaft (Fig. 6 *a*). Entgegen der Annahme Vissichellis bemerke ich, daß diese Drüsen mitunter auch als einzellige Gebilde vorkommen (Fig. 6 *c*). Der an die Hautdrüsen, und zwar immer an ihren oberen Teil, herantretende

Nerv hat meist eine ganglionäre Anschwellung. Der Nerv endet hier nicht, sondern innerviert in seinem weiteren Verlauf die verschiedensten Hautdrüsen und die Muskulatur. Die mehrzelligen Hautdrüsen entwickeln sich anscheinend vom Ectoderm; Stützzellen (Thiele) sind allerdings nicht in ihnen vorhanden.

Im Anschluß hieran möchte ich sogleich Gebilde erwähnen, die ich vereinzelt nahe dem Hautrande und in etwas größerer Anzahl dicht unter den Seitenflächen der Flosse beobachtet habe. Diese Organe bestehen aus acht bis zehn Zellen und sind in der Regel nur 0,004 mm groß. Der Inhalt der Zellen ist teils gekörnt, teils homogen; er tingiert sich mit Hämateinlösung, aber auch oft mit Eosin; bei Behandlung mit Flemmingscher Lösung färbt er sich teilweise tiefschwarz. Wegen des verschiedenartigen Aussehens der Zellen halte ich diese Gebilde, welche übrigens mit feinen Nervenfädchen in Verbindung stehen, nicht für Sinnesorgane, sondern für Hautdrüsen. Paneth hat ähnliche Drüsen auf der Flosse bei *Cymbulia* und *Tiedemannia* beobachtet und in Fig. 13 und 14 abgebildet. Die neueren Bearbeiter der Pteropoden und Heteropoden, nämlich Tesch (131) und Meisenheimer (87), erwähnen diese Organe nicht.

Heath und Spaulding (52) haben vom Flossenrand der *Corolla* eigenartige Bildungen als lichtempfindliche Organe beschrieben, die eine gewisse Ähnlichkeit namentlich mit den zuerst erwähnten mehrzelligen Hautdrüsen der *Phyllirhoë* zeigen. Nach Meisenheimer handelt es sich aber auch bei *Corolla* um drüsige Elemente.

Im folgenden werde ich nun die übrigen Hautdrüsen der *Phyllirhoë* anführen, welche sämtlich einzellige Gebilde darstellen.

Die mucösen Drüsenzellen.

Es ist bekannt, daß die Nudibranchier wegen des Fehlens einer Schale reichlich mit schleimbildenden Hautdrüsen ausgestattet sind, um durch das schlüpfrige Secret die zarten Körperwandungen vor Beschädigungen durch die im Wasser suspendierten Fremdkörper zu schützen. Ferner kommt der die Nudibranchier umhüllende Schleimmantel ohne Zweifel auch als ein die Bewegung förderndes Agens in Betracht. »Wie eine Ölschicht zwischen Achse und Rad die Reibung auf ein Minimum reduziert, so wirkt die Schleimhülle der . . . Organismen ebenfalls auf die Reibung derselben mit dem berührten Medium.« (Schröder, 117.) Während nun nach Hecht (53, S. 596) bei den übrigen Nudibranchiern die Schleimzellen im Epithel gelagert sind, stellen sich die mucösen Drüsenzellen der *Phyllirhoë*, welche in großer

Menge über den ganzen Körper verbreitet sind, als subepitheliale Gebilde dar. Ihre Form ist sehr verschieden, meist mehr oder weniger eiförmig (Taf. VIII, Fig. 7); bisweilen sind sie lang ausgezogen bis zu einer Länge von 0,08 mm; solche schmale Drüsenzellen sind manchmal fast rechtwinkelig gebogen. Der Inhalt dieser Zellen läßt ein feines Netzwerk erkennen und färbt sich mit Hämalaun, Böhmers und Delafields Hämatoxylin und basischen Anilinen; es handelt sich also um Schleimdrüsen. Sehr gute Resultate erhielt ich mit Mucikarmin; während die zuerst genannten Farblösungen, ausgenommen Delafields Hämatoxylin, stets die ganze Zelle färben, tingiert sich bei der Behandlung mit Mucikarmin nur das schon in reifes Secret verwandelte Zellplasma, während die mucinbildende Substanz farblos bleibt. Bei allen Methoden aber färbt sich das von List (82, S. 499) als Filarmasse bezeichnete Netzwerk bedeutend kräftiger als die in den Maschen des Netzes befindliche homogene Interfilarmasse. Die Öffnung der Drüsenzellen, die stets verhältnismäßig groß ist, liegt nicht immer an der Zellspitze; vielmehr teilt sich bisweilen der distale Zellteil, und während von den dadurch entstandenen beiden Zipfeln der eine blind endet, kommuniziert der andre mit der Hautoberfläche (vgl. Fig. 8). Ich hebe besonders hervor, daß es sich bei dieser Zeichnung nicht etwa um zwei aneinander gelagerte Drüsenzellen handelt. Die Schleimdrüsen der *Phyllirhoë* sind zwar oft in eigenartiger Weise gruppiert; jedoch stellt Fig. 8 eine einzelne Drüsenzelle dar; ich habe übrigens derartig gestaltete Zellen mehrmals beobachtet und mich nie von der Existenz eines zweiten Zellkernes überzeugen können. Über der Drüsenöffnung befindet sich häufig zu einem Ballen oder zu einer langen Strähne geformtes Secret: auch das ausgetretene Secret ist nicht völlig homogen, sondern zeigt meist ebenfalls ein feines Maschennetz. In den mucösen Drüsenzellen liegt der Kern stets an der Basis; häufig ist er von einer minimalen Menge homogenen Protoplasmas umgeben, das sich vom übrigen Zellinhalt halbmondförmig abhebt und sich mit Eosin färbt. Von allgemeinem Interesse sind nun diese Drüsenzellen wegen ihres Zusammenhanges mit Nerven. Obwohl eine Abhängigkeit des secretorischen Vorganges von einer Nervenerregung allgemein angenommen wird, liegen über die Endigungsweise secretorischer Nerven nur wenige Mitteilungen vor, die noch dazu nicht allgemein acceptiert worden sind. Engelmann (30) sieht die von Leydig (76 und 80), Pflüger (99) und Chun (22) beschriebenen Drüsennerven für Bindegewebsfasern an und hält die Speicheldrüsen der Hummeln (*Bombus*) für »ein ausgezeichnetes Objekt, um die auf diesem

Gebiet der mikroskopischen Anatomie bestehenden Differenzen zu lösen«. Nach Leydig (78, S. 130) dagegen handelt es sich gerade in diesem Falle nicht um Nerven, sondern um Bindegewebsfasern. Später hat noch Smirnow (123) vom Regenwurm und Smidt (122) von *Helix* einen Kontakt der Nervenfibrillen mit Drüsenzellen beschrieben. Ein Musterobjekt für den Nachweis secretorischer Nerven ist *Phyllirhoë*. Die Innervation geschieht in verschiedener Weise. Häufig sitzen die Schleimzellen mit ihrer Basis stärkeren Fibrillenbündeln wie die Beeren einer Traube auf (Fig. 7). Es kann aber auch der obere Zellteil mit den Nerven in Verbindung stehen, oder das Fibrillenbündel zieht über die Drüsenzelle hinweg, wobei mitunter die von der Innervierung der Muskulatur (S. 48) her bekannten Körnchenreihen abtreten, welche die Zellbasis anscheinend korbartig umflechten. Bemerkenswert ist, daß die Nerven dicht an der Drüsenzelle oft eine auffallend starke ganglionäre Anschwellung zeigen. Ich habe an den mucösen Drüsenzellen nie eine Nervenendigung feststellen können: vielmehr versorgen, wie schon aus den auf S. 45 und S. 56 gemachten Angaben hervorgeht, die an die Hautdrüsen der *Phyllirhoë* herantretenden Nerven auch die Muskulatur. Daß selbst in den feinsten Nerven noch motorische und secretorische Fasern miteinander vermischt sind, zeigt in instruktiver Weise Fig. 1 auf Taf. VII.

Die serösen Drüsenzellen.

Außer den auf S. 55 erwähnten mehrzelligen Eiweißdrüsen finden sich bei *Phyllirhoë* unter der Haut des ganzen Körpers, besonders zahlreich am ventralen und dorsalen Rande, einzellige Gebilde, welche ebenfalls ein acidophiles Secret liefern. Diese serösen Drüsenzellen sind von runder, ovaler oder bohnenförmiger Gestalt (Taf. VIII, Fig. 9 u. 10). Ihre Größe wechselt sehr; die größten von ihnen erreichen einen Umfang von 0,05 mm. In mit Flemmingscher Flüssigkeit gehärteten Objekten füllt ein feinkörniger Inhalt diese Zellen völlig aus (Fig. 9), während bei andern Konservierungsmethoden sich das Zellplasma allseitig von der Membran abhebt und zu einem Ballen koaguliert. An diesen Drüsenzellen kann man sehr gut die einzelnen Secretionsphasen verfolgen. Das Zellplasma erleidet bis zu seiner Ausstoßung morphologische und chemische Veränderungen, von denen sich die letzteren durch ihr Verhalten gegen Färbungsmittel charakterisieren. Färbt man mit Hämatoxylin-Eosin, so findet man neben gleichmäßig rot gefärbten Zellen solche, bei denen das Plasma über dem meist basal gelegenen Kern noch eine granulierte Beschaffenheit und blaue Färbung

zeigt, während es nach der stets kleinen Zellöffnung zu allmählich homogener wird und sich in demselben Maße mit Eosin stärker färbt. Es secernieren diese Zellen häufig schon flammendrote Tropfen, obwohl sich in der Zelle noch unreifes Secret befindet (Fig. 10). Das Secret färbt sich außerdem mit Eisenhämatoxylin schwarz und mit Methylgrün metachromatisch, nämlich lila; die Metachromasie beim Methylgrün führt P. Mayer (86) auf eine Verunreinigung des Farbstoffes mit Methylviolett zurück. Auch diese Drüsen stehen stets mit Nerven in Verbindung. Panceri (95) hat übrigens diese serösen Drüsenzellen der *Phyllirhoë* als leuchtende periphere Ganglienzellen gedeutet. Die Art des Vorkommens und der Verteilung der Eiweißdrüsen läßt nach Rawitz (106, S. 453) die Vermutung als berechtigt erscheinen, daß sie bei vielen Tieren Giftdrüsen darstellen. Dieselbe Ansicht bekundet K. C. Schneider auf S. 32 seines Lehrbuchs der vergleichenden Histologie. Hecht dagegen glaubt, daß bei den Nudibranchiern die Schleimzellen ein giftiges Secret liefern, da letzteres dieselben färberischen Eigenschaften zeigt wie der Inhalt der Nesselzellen. Daß die Nudibranchier solche giftige Secrete ausscheiden, lehrt die Beobachtung Cuénots. In einem Aquarium befanden sich einige Exemplare von *Aeolis* und *Tritonia*, welche, sobald sie gereizt wurden, von einer dicken Schleimschicht umhüllt wurden; kurze Zeit nach der Absonderung des Schleimes gingen andre in demselben Aquarium befindliche Tiere zugrunde (zit. nach v. Fürth, 35, S. 317).

Die Müllerschen Zellen.

Im Jahre 1872 hat Panceri beobachtet, daß die *Phyllirhoë* die Eigenschaft besitzt, im Dunkeln zu leuchten. Und zwar sollen nach ihm an der Lichtentwicklung vor allem die rundlichen, scharf konturierten Zellen beteiligt sein, die er nach ihrem Entdecker als Müllersche Zellen bezeichnet und als peripherische Ganglienzellen deutet. Schon Vogt und Yung (138) erwähnen in ihrem Lehrbuche der vergleichenden Anatomie auf S. 817, daß bei *Phyllirhoë* einzellige Drüsen eine gelbliche, phosphoreszierende Flüssigkeit absondern. Bald darauf hat auch Claus (23) angegeben, daß es sich bei den von Panceri beschriebenen Zellen, welche der Sitz des Leuchtvermögens sein sollen, nicht um peripherische Ganglienzellen, sondern um Drüsenzellen handelt. Nähere Angaben über den feineren Bau dieser Drüsenzellen machen jedoch die genannten Autoren nicht. Die Müllerschen Zellen, von denen die größten 0,04 mm messen, werden in Flemming-Präparaten von einem hellen, oft etwas unregelmäßig konturierten Saume umgeben.

Letzterem liegt häufig eins der bekannten Bindegewebskörperchen an. Nach Panceri und Bergh (7, S. 216) ist die Membran der Müllerschen Zellen doppelt; doch ich habe mich davon überzeugt, daß die innere Schicht, welche oft aus rundlichen Ballen besteht, aber nicht quergestreift ist, wie Bergh beschreibt, nicht eine besondere Zellmembran, sondern das ursprüngliche Zellplasma darstellt (Taf. VII, Fig. 1 bei *Mü*). Auf Querschnitten erkennt man, daß der fast kugelige Zellleib nur einen sehr kurzen Ausführungsgang besitzt (Taf. VIII, Fig. 11). Die übrigen Details sind am besten an mit Chromsäure gehärteten Totoexemplaren zu erkennen. Man findet dann in den Müllerschen Zellen einen farblosen Secretballen, der meist kugelig, bisweilen aber auch unregelmäßig gestaltet ist; häufig ist er scharf konturiert; eine besondere Membran habe ich aber entgegen der Behauptung Panceris an diesem Ballen nicht nachweisen können. Auf dem Zellboden ruht der große, ovale chromatinarme Kern mit mehreren acidophilen Nucleolen. Der Kern ist von einer kleinen Menge wabig geformten Protoplasmas umgeben. An die Müllerschen Zellen, und zwar an ihren oberen Teil, tritt stets ein Nerv, der häufig eine ringförmige Schleife um die Zelle bildet. Die Behauptung Panceris, daß der Nerv immer an der Zelle endet, trifft nicht zu. Ich habe nur in wenigen Fällen den Nerven nicht weiter verfolgen können; sonst aber läßt sich einwandfrei feststellen, daß der Nerv weiter läuft, und zwar zu den verschiedensten Elementen der Haut. Diese Drüsenzellen liefern ein fettiges Secret, denn ihr Inhalt wird bei der Fixierung mit Flemmingscher Flüssigkeit schwarz gefärbt. Nach Panceri und Leydig (77, S. 88) sind an der Phosphorescenz der Tiere vor allem Fettkörper beteiligt. Radziszewski (1880) weist darauf hin, daß zu den Stoffen, die bei ihrer Oxydation Luminescenz erzeugen, Fette, ätherische Öle, Lecithin, Cholesterin u. dgl. gehören. Pütter (102) hält es aber für angebracht, sich über die chemische Natur des Leuchtstoffes keine spezielle Vorstellung zu machen. Er spricht nur allgemein von »leuchtendem Schleim«. In der Literatur finde ich aber nur zwei Arbeiten, bei denen auf Grund der angewandten Färbemethoden, nämlich Delafields Hämatoxylin bzw. Mucikarmin, angenommen werden kann, daß bei den betreffenden leuchtenden Tieren an der Luminescenz ein schleimiges Secret beteiligt ist, und zwar die Angaben von Rawitz (107) über die Leuchtorgane von *Pholas dactylus* und die Mitteilungen von Irene Sterzinger (128) »Über das Leuchtvermögen von *Amphiura squamata*«. Nach den Beobachtungen Panceris und Eimers (29) besitzen auch die Tentakel der *Phyllirhoë*, denen die Müllerschen Zellen fehlen, Leuchtkraft; es müssen demnach außer

den Müllerschen Zellen noch andre Elemente an der Lichtentwicklung beteiligt sein. Vielleicht können die in den Fühlern sich in reichlicher Menge findenden serösen Drüsenzellen leuchten. Leuchtorgane, die ein acidophiles Secret liefern, hat z. B. Johann (60) bei *Spinax niger* gefunden. Die Angaben Panceris, daß außerdem noch die ganglionären Anschwellungen der Tentakelnerven, die Fühlerganglien und selbst die Schlundganglien, Licht erzeugen, lassen eine Nachprüfung als erforderlich erscheinen.

Die Randzellen.

Der Körperrand der *Phyllirhoë* ist umsäumt von cylindrischen Zellen, die von verschiedener Größe sind. Sie liegen an den mittleren Randpartien in mehreren Schichten übereinander, wobei sie sich meist dachziegelartig decken; bisweilen sind sie aber auch unregelmäßig gruppiert. In dem Photogramm 4 auf Taf. IV tritt dieser Drüsenstreifen leider nicht scharf genug hervor. Der rundliche Kern liegt stets an der Zellbasis; er ist meist von einer geringen Menge vacuolisierten Protoplasmas umgeben. Der übrige Zellleib erscheint völlig homogen und läßt oft nur feine Längsstreifen erkennen, die wohl auf Falten in der Zellmembran zurückzuführen sind. Der kurze, sich häufig vom Zellleib scharf abhebende Ausführungsgang mündet in mehr oder weniger großer Entfernung vom Körperrande. Über die Funktion der Randzellen kann ich nichts Bestimmtes aussagen. Nach H. Müller und Gegenbaur sollen sie ein in Tropfen austretendes Secret liefern; es beruht aber vielleicht die Beobachtung auf einer Verwechslung mit den serösen Drüsenzellen. H. Müller und Panceri vergleichen diese cylindrischen Zellen mit dem Drüsenstreifen am Rande der Flügel von *Cymbulia*, welchen Paneth als ein Schwell- und Stützorgan ansieht.

Die Blasenzellen.

Man findet häufig dicht unter der Haut anscheinend runde, in Wirklichkeit aber eiförmige Zellen, welche einen Durchmesser von 0,035 mm erreichen können; sie haben einen kleinen Kern, der oft der sehr dünnen Zellmembran dicht anliegt (Taf. VIII, Fig. 13). Vielleicht sind diese Zellen identisch mit den von einzelnen Autoren als Flemmings Schleimzellen und Langersche Blasenzellen bezeichneten Gebilden. Bei *Phyllirhoë* enthalten diese Zellen bisweilen ein feines, weitmaschiges Netzwerk, das mit sehr kleinen acidophilen Körnchen besetzt ist. Solche Zellen haben dann eine gewisse Ähnlichkeit mit den von List bei den Mytiliden beobachteten und von ihm als Langersche

Blasenzellen bezeichneten Gebilden. Während nun aber diese Zellen von allen Autoren als völlig geschlossene Elemente beschrieben werden, stehen sie bei *Phyllirhoë* mittels einer sehr kleinen Öffnung mit der Hautoberfläche in Verbindung. Ich vermute, daß bei *Phyllirhoë* sich diese Gebilde aus sehr kleinen Zellen entwickeln, welche in den tieferen Schichten der Leibessubstanz liegen und noch keine Öffnung haben, sonst aber das gleiche Aussehen wie die eben beschriebenen Elemente zeigen.

Die physiologische Bedeutung der Blasenzellen und der in dem folgenden Kapitel noch zu beschreibenden Sternzellen ist mir völlig unklar.

Die Sternzellen.

Diese Bezeichnung habe ich sehr seltsamen, nur 0,005—0,015 mm großen Gebilden gegeben, die sich dicht unter der Basalmembran häufiger finden (Taf. VIII, Fig. 12); von dem runden oder oval gestalteten Zellleib gehen einzelne feine, sehr lange Fortsätze aus, die oft nahe ihrem Ursprung Varicositäten zeigen. Die Pseudopodien teilen sich manchmal dichotomisch, werden in ihrem Verlaufe immer feiner und entziehen sich so der weiteren Beobachtung. Sehr häufig sieht man, daß die Zellen mittels eines dünnen Stranges mit der Hautoberfläche in Verbindung stehen. Findet sich dieser Strang nicht vor, so macht sich doch bei hoher Einstellung in der über der Zelle liegenden Haut eine kleine Öffnung bemerkbar, aus welcher hin und wieder ein kleiner Tropfen hervorquoll von derselben Beschaffenheit wie die im Zellleib eingeschlossene Materie. Bei mit Flemmingscher Flüssigkeit fixierten Präparaten ist das Plasma der kleinen Zellen braun und zeigt eine homogene Beschaffenheit; die größeren Zellen dagegen sind bei dieser Fixationsmethode von hellem, feingekörntem Plasma völlig angefüllt. Bei mit Chromsäure gehärteten Objekten bildet den Inhalt dieser Zellen ein homogener Ballen, der sich mit sauren Anilinen stark färbt. Der Zellkern befindet sich meist an der Abgangsstelle des feinen, an die Haut gehenden Ausführungsganges. Diese Zellen nun haben eine gewisse Ähnlichkeit mit den von Leuckart (1854), Edinger (1877), Paneth (1885) und List (1902) von verschiedenen Mollusken beschriebenen und oft als multipolare Ganglienzellen gedeuteten Gebilden. Auch ich habe diese Zellen bei *Phyllirhoë* zuerst für Ganglienzellen gehalten, zumal da sie fast immer mit Nervenfasern verbunden waren. Und zwar geht der Nerv entweder an den Zellkörper, wie es in Fig. 12 der Fall ist, oder ein sehr dünnes Nervenfädchen lehnt sich auf eine größere Strecke einem Ausläufer der Sternzelle an. Wie schon

erwähnt, besitzen diese Fortsätze oft varicöse Anschwellungen; solche Varicositäten werden nun vielfach — vgl. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie, 8. Aufl., S. 80 — als ein Unterscheidungsmerkmal der Nerven von den Bindegewebsfasern angeführt. Es trifft aber dieses Charakteristikum anscheinend nicht immer zu, denn z. B. bei den Mytiliden hat List an den langen Protoplasmafortsätzen der Sternzellen ebenfalls knotige Verdickungen beobachtet, und er hält trotzdem diese Gebilde nicht für Ganglienzellen sondern nur für einfache Bindegewebszellen. Auch ich betone nochmals, daß diese interessanten Gebilde bei *Phyllirhoë* ohne Zweifel secretorische Elemente darstellen.

Das Circulationssystem.

Das Herz der *Phyllirhoë* ist von H. Müller, Gegenbaur und Leuckart eingehend beschrieben worden; ihre Beobachtungen haben dadurch besonderen Wert, weil sie an lebenden Tieren gemacht sind. Dank der Vervollkommnung unsrer optischen Hilfsmittel habe ich an fixiertem Material noch einige histologische Details beobachtet, die ein allgemeines Interesse beanspruchen dürften. Das Herz der *Phyllirhoë* liegt bekanntlich in der Medianebene des Körpers zwischen der Wurzeln der beiden oberen Leberschläuche. Es besteht aus einem birnenförmigen, kräftig muskulösen Ventrikel und einem darüber gelegenen, dünnwandigen Vorhof. Die Muskelfasern des Ventrikels ziehen von einem den Ursprung der Aorta einschließenden, kräftigen Sphincter nach oben. In den beiden oberen Winkeln der Kammer laufen die Fasern jederseits zusammen und sind hier wiederum durch einen, aber bedeutend schwächeren Muskelring verbunden; letzterer bildet also die Atrioventriculargrenze. Nach Knoll (64) ist die Herzmuskulatur der Gastropoden im Gegensatz zu dem größten Teil der Körpermuskeln reich an Protoplasma und arm an contractiler Substanz. Diese Angabe bestätigt sich auch bei *Phyllirhoë* an den bandartigen Ventrikelfasern; an ihnen ist die contractile Rindensubstanz nur als ein äußerst feiner, lichtbrechender Streifen bemerkbar; außerdem durchziehen nur noch einige sehr dünne Myofibrillen die körnige Marksubstanz der relativ breiten Fasern (Taf. VIII, Fig. 2 *a*). Der runde oder längsovale Kern liegt in der Mitte der Faserzelle; bisweilen aber ragt er auch von Protoplasma umgeben bruchsackartig hervor. Die Muskelfasern des Vorhofs dagegen sind rund, sehr schmal und zeigen deutlich eine fibrilläre Struktur; körniges Protoplasma findet sich nur in Spuren um den Kern. Die wenigen im Vorhof sichtbaren Muskelfasern ziehen von der Atrioventriculargrenze in mehr oder weniger geschlängeltem Verlauf nach oben

und lösen sich in feine Fibrillen auf, die in die Körperhaut übergehen. Während die Fasern des Vorhofes nur wenige Verbindungen untereinander eingehen, bildet die Ventrikelmuskulatur zahlreiche Anastomosen; die einzelnen Äste legen sich dabei nicht etwa nur aneinander, sondern sie gehen vielmehr substantiell ineinander über, so daß es nicht möglich ist, die Grenzen der einzelnen Faserzellen zu unterscheiden. Diese Anordnung hat eine gewisse Bedeutung für die später noch zu erörternde Theorie der muskulären Erregungsleitung im Herzen. An der Herzmuskulatur der Mollusken ist mehrmals, so auch neuerdings von Spillmann (126), eine Querstreifung beobachtet worden. Auch bei *Phyllirhoë* lassen die Ventrikelfasern häufig eine feine, auffallend regelmäßige Querstreifung erkennen; doch bei genauerem Zusehen findet man, daß diese nicht durch eine entsprechende Anordnung der contractilen Substanz, sondern durch eine Fältelung der die Muskelzelle umhüllenden strukturlosen Schicht bedingt wird (Fig. 2 *b*). Diese Schicht erscheint in der Regel als ein feiner, homogener Saum; jedenfalls infolge der Kontraktion der Faserzelle zeigt er die öfter an ihm beobachtete Querstreifung. Entscheiden kann ich aber nicht, ob diese Schicht eine besondere, die Faserzelle einschließende Hüllmembran vorstellt oder noch zur Muskelzelle selbst gehört. Bisweilen wölbt sich dieser Saum stärker hervor und zeigt dann eine feinkörnige Struktur; irgendwelche kernartigen Gebilde habe ich aber in dieser Schicht nie angetroffen. Das Vorkommen einer besonderen Hüllmembran wäre deshalb von Interesse, weil vielfach (121 u. 57) behauptet wird, daß bei den Gastropoden das Blut direkt die Muskelfasern im Herzen bespüle. Spillmann aber weist diese Behauptung entschieden zurück; er hat bei *Haliotis* beobachtet, daß die Herzmuskelfasern von Bindegewebe umhüllt sind. Auf einen Irrtum, der Spillmann bei dieser Beschreibung untergelaufen ist, möchte ich, da er leicht zu Mißverständnissen führen kann, aufmerksam machen. Spillmann spricht vielfach von »Myolemmkernen«; Myolemm ist nun das Synonym für die gebräuchlichere Bezeichnung Sarcolemm, worunter man bekanntlich das die Muskelfaser umschließende strukturlose Häutchen versteht. Spillmann aber meint, wie aus seinen ganzen Ausführungen und aus seiner Fig. 27 hervorgeht, mit der Benennung »Myolemmkern« den Kern der Muskelfaserzelle selbst und nicht die Kerne des Bindegewebes.

Das Herz der *Phyllirhoë* ist von einem dünnhäutigen Pericard umgeben. Nach Hescheler (57, S. 342) soll bei *Phyllirhoë* der Vorhof nicht mehr im Herzbeutel liegen. Diese Angabe trifft nicht vollständig

zu. Vielmehr steigt das Pericardium vom Aortenring als äußeres Blatt nach oben bis zur halben Höhe der Vorkammer, schlägt sich dann nach innen um und überzieht nun als inneres Blatt den unteren Teil der Vorkammer und die Kammer. Im oberen Teil des Vorhofes kommuniziert also der Hohlraum des Herzens direkt mit der Leibeshöhle. Während nach LEUCKART in den Seitenwänden der Kammer sich Lücken finden, und auf diese Weise zwischen dem Herzraum und dem Pericardialsinus eine direkte Kommunikation besteht, ist nach MÜLLER und GEGENBAUR die Höhle des Herzbeutels vollkommen von dem Hohlraum des Herzens abgeschlossen, und es kommuniziert vielmehr der venöse Pericardialsinus »an mehreren Stellen mit der übrigen, gleichfalls vom venösen Blute gefüllten Leibeshöhle«. Einen solchen direkten Zusammenhang der Pericardhöhlung mit den Bluträumen des Körpers hat GEGENBAUR auch für die Heteropoden und Pteropoden behauptet; MEISENHEIMER (87) aber tritt auf Grund seiner an den Pteropoden der Valdivia-Expedition gemachten Studien der schon von JOHANNES MÜLLER, IHERING u. a. vertretenen Ansicht bei, daß das Pericard nach allen Seiten hin gegen die Leibeshöhle geschlossen ist. Erwähnen will ich noch, daß RYWOSCH (114) neuerdings bei *Pterotrachea* eine Kommunikation zwischen dem Herzraum und dem vom Herzbeutel gebildeten Sack festgestellt haben will. Ob bei *Phyllirhoë* die oben erwähnten Lücken in den Herzwandungen bzw. im Pericard tatsächlich vorhanden sind, darüber können nur Beobachtungen an lebenden Tieren sicheren Aufschluß geben; ebenso lassen sich die Angaben der früheren Autoren über den Klappenapparat des Herzens nur am lebenden Objekt nachprüfen.

Der Herzbeutel stellt übrigens bei *Phyllirhoë* nicht eine strukturlose Membran dar, welche sich nach Ansicht MÜLLERS und GEGENBAURS durch Verdichtung der Leibessubstanz bilden soll; vielmehr habe ich an dem Pericardium in verschieden großen Abständen voneinander kleine runde Kerne beobachtet, die von einer Spur feinkörnigen Protoplasmas umgeben waren; sonst erschien der Herzbeutel aber völlig homogen. Bei zwei der von mir beobachteten Tiere machten sich auf der Ventrikelwand dichte Kernanhäufungen bemerkbar, und ich glaubte zuerst, eine Pericardialdrüse gefunden zu haben, die ja nach GROBBEN (43) unter den Opisthobranchiern weit verbreitet ist. Doch bald fand ich, daß diese Kernanhäufung durch die Systole der Kammer bedingt war. Es hatte sich eben bei der Kontraktion des Ventrikels auch das ihm anliegende innere Blatt des Pericards zusammengelegt, und dadurch waren die Kerne des Pericardiums dichter aneinander gedrängt

worden; was eben beim diastolischen Herzstillstand, der ja nach Rywosch die Regel ist, nicht zu beobachten ist.

Die Innervation des Herzens.

Hinsichtlich des Ursprunges der Erregungsleitung im Herzen stehen sich bekanntlich (vgl. Hermann, Lehrbuch der Physiologie. 1905) zwei Lehren schroff gegenüber.

Engelmann hat im Jahre 1875 gezeigt, daß an der Kammer eines Froschherzens, welches in beliebiger Weise in dünne Streifen zerschnitten war, ein an irgend einer Stelle angebrachter Reiz alle Teile zur Kontraktion bringt, falls diese Streifen, wenn auch nur durch schmale Substanzbrücken, miteinander noch zusammenhängen. Auf Grund dieses Experimentes haben viele Autoren die Ansicht ausgesprochen, daß der Herzmuskel, dessen Fasern bekanntlich netzförmig untereinander zusammenhängen, die Erregung von Zelle zu Zelle leitet. Die zum Herzen tretenden Nerven sollen nur regulatorisch auf Frequenz und Stärke der Pulsationen wirken. Entgegen dieser Annahme der funktionellen Selbständigkeit des Herzens halten viele Autoren an der älteren Lehre von dem ganglionären Ursprung der Automatie des Herzens fest, nachdem sich herausgestellt hat, daß von zerstückelten Froschherzen nur solche Teile noch kontraktionsfähig sind, welche Nervenzellen enthalten. Zur Stütze der Engelmannschen Lehre von der muskulären Erregungsleitung im Herzen wird nun vielfach neben dem nervenlosen embryonalen Herzen der Wirbeltiere das Herz der Schnecken angeführt.

Wie auch Rywosch vor kurzem hervorhebt, ist es bis jetzt nämlich noch keinem Forscher gelungen, irgendwelche Nervenelemente in den Herzwandungen der Schnecken mit Sicherheit nachzuweisen. Der Zoologe Somoff, der gleichzeitig mit Rywosch im zoologischen Laboratorium zu Villefranche arbeitete, hat auch mit der Methylenblaumethode keine Nerven im Herzen der *Pterotrachea* auffinden können.

Knoll (66), der sich in Neapel an Evertebraten mit der Beeinflussung der Herztätigkeit durch die Temperatur beschäftigt hat, hat bei Crustaceen, Tunicaten und Pterotracheen mit konstantem negativen Erfolg nach nervösen Elementen im Herzen gesucht. Er war von diesem negativen Befund sehr überrascht, weil einige Beobachtungen ihm den Gedanken nahe gelegt hatten, »daß es sich dabei um Reflexe auf Herznerven handelt«.

Durch die Beobachtung lebender Pterotracheen hat auch Rywosch den Eindruck gewonnen, daß die Tätigkeit des Herzens unter dem

Einfluß des Nervensystems steht. Er hat festgestellt, daß die Exstirpation des »Ösophagealganglions« eine Pulsverlangsamung hervorruft. Rywosch sieht daher in dem Ösophagealganglion das Hemmungscentrum für das Herz der *Pterotrachea*. Die Funktion dieses Ganglions würde also der des Vaguscentrums bei den Wirkeltieren entsprechen.

Auch für *Aplysia* hat Straub (130) durch das Experiment den Nachweis erbracht, daß im Herzen dieses opisthobranchiaten Gastropoden ebenfalls die Erregung fortgepflanzt wird. Da sich nun aber Herznerven nicht finden ließen, so hat nach Straub für *Aplysia* nur die myogene Theorie der Erregungsleitung Geltung.

Vor einiger Zeit hat Spillmann die früher von Haller gemachten Mitteilungen über das Vorkommen von Herznerven bei *Haliotis*, *Turbo*, *Trochus* und *Fissurella* an Trochiden nachgeprüft. Die von Haller beschriebenen Ganglienzellen hat er ebenfalls gefunden. Obwohl Spillmann selbst auf die große Ähnlichkeit dieser Gebilde mit den von Brock als Plasmazellen bezeichneten Bindegewebszellen hinweist, läßt er doch noch die Frage offen, ob es sich bei diesen bipolaren Zellen um Bindegewebs- oder Ganglienzellen handelt. Wie ich nun aber im nächsten Kapitel ausführlicher erörtern werde, sind von Hecht und Cuénot die Plasmazellen Brocks als excretorische Elemente erkannt worden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß auch die von Haller und Spillmann im Herzen einiger Prosobranchier gefundenen bipolaren Zellen an der Excretion beteiligt sind, denn Haller hat in ihnen das Vorhandensein von bräunlichgelben Zelleinschlüssen konstatiert. Bemerken will ich noch, daß Grobben ähnliche concrementhaltige Zellen im Vorhof des Herzens der Lamellibranchier angetroffen und darauf hingewiesen hat, daß diese Zellen von Dogiel (1877) irrtümlicherweise als Nervenzellen gedeutet wurden. Während nun Haller im Herzen einiger Prosobranchier ein Nervennetz angetroffen haben will, ist es Spillmann mit keiner der von ihm angewandten Nervenfärbungsmethoden geglückt, im Herzen der Trochiden specifisches Nervengewebe zu konstatieren.

Wie aus den obigen Ausführungen hervorgeht, wird fast allgemein angenommen, daß das Herz der Schnecken ohne Nerven sei. Da infolge dieses Umstandes das Schneckenherz für die vergleichende Herzphysiologie von großer Bedeutung geworden ist, dürfte es von allgemeinem Interesse sein, daß bei *Phyllirhoë bucephala* sich einwandfrei eine Innervation des Herzens feststellen läßt.

An isolierten Herzen habe ich gefunden, daß auf der Aorta sich ein feiner Nerv einigemal teilt. Seine Zweige umspinnen das Gefäß und dringen am Aortenring, an den feinste Zweige abgegeben werden,

in die Kammer ein; in letzterer gehen die Nervenfädchen mehrere schlingenförmige Verbindungen untereinander ein, in deren Knotenpunkten bisweilen je ein kleiner Kern liegt (Fig. 2 *a*). Von diesen Nervenfädchen gehen nun die charakteristischen Körnchenreihen, wie sie von der Hautmuskulatur her bekannt sind, an die Muskelfasern des Ventrikels ab. Es war natürlich mein Bestreben, nun auch den Ursprung dieses Herznerven zu finden. An Totoexemplaren habe ich mich davon überzeugen können, daß an die Aorta ein feiner Nerv tritt, der sich bis zum Herzen verfolgen läßt. In letzterem ist aber sein weiterer Verlauf an intakten Tieren nicht zu erkennen, weil die Dicke des Objekts ein Studium des in den tieferen Schichten gelegenen Herzens mit starken Linsen nicht zuläßt. Proximal habe ich den Nerv noch eine längere Strecke am unteren Magenrand entlang ziehen sehen; seinen Ursprung habe ich aber an den mir für diese Untersuchungen zur Verfügung stehenden Tieren, welche mit Flemmingscher Lösung fixiert waren, wegen der starken braunen Verfärbung des Magens leider nicht feststellen können. An der Aorta entsendet übrigens dieser Nerv einen Zweig distalwärts, der aber noch mehr in die Tiefe dringt und sich so der Beobachtung entzieht. Vielleicht steht dieser Nerv zur Niere in Beziehung. Wegen des eigenartigen Verlaufes am Magen und der Verbindung dieses Nerven mit dem sympathischen Plexus, von dem ich mich einmal glaube überzeugt zu haben, halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß der Herznerv aus dem Buccalganglion stammt. Ein solcher Ursprung hätte allerdings etwas Befremdendes; doch ist zu berücksichtigen, daß die Innervierung der vorderen Aorta durch die Buccalganglien bekannt ist (57, S. 204).

Wie Rywosch gezeigt hat, wird bei *Pterotrachea* der Mechanismus des Herzens vom »Ösophagealganglion« beherrscht. Um Mißverständnisse zu vermeiden, hebe ich hervor, daß Rywosch wohl unter »Ösophagealganglion« nicht die am Pharynx gelegenen Buccalganglien, sondern das über dem Oesophagus befindliche Cerebralganglion versteht. Nach Gegenbaur dagegen, auf dessen Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden Rywosch bezüglich der anatomischen Verhältnisse hinweist, soll das Herz der *Pterotrachea* vom Parietovisceralganglion innerviert werden. Ich benenne übrigens die Ganglienknoten der *Pterotrachea* in der Weise, wie sie in Langs Lehrbuch der vergleichenden Anatomie auf S. 8 bei der Abbildung von *Pterotrachea coronata* gedeutet werden.

Bemerken will ich noch, daß nach Pelseneer (97) bei den Opisthobranchiern *Polycera* und *Goniodoris* die Nerven für das Herz und die

Niere («les nerfs reno-cardiaques») aus dem Visceralganglion entspringen. Auch Meisenheimer (S. 246) hat bei einigen gymnosomen Pteropoden vom Visceralganglion aus Nerven bis zum Herzen und zur Niere verfolgen können. Wie aus meinen obigen Angaben hervorgeht, kann ich zwar über den Ursprung der Herznerven keine bestimmten Angaben machen; jedoch erlaube ich mir, nochmals zu betonen, daß über die nervöse Natur des im Herzen der *Phyllirhoë* beobachteten Netzwerkes nicht der geringste Zweifel besteht.

Das periphere Gefäßsystem

weist einen sehr einfachen Bau auf. Die Aorta kreuzt die rechte Seite des hinteren oberen Leberschlauches, steigt dann an der linken Seite des Darmes, und zwar meist an der Übergangsstelle des Mitteldarmes in den Enddarm, weiter nach unten, um sich dann am unteren Rand desselben in einen vorderen und hinteren Ast zu teilen. Die Aorta anterior läßt sich bis zum Kopf verfolgen; die Aorta posterior begleitet den Zwitterdrüsengang; an der Vereinigungsstelle der beiden Ausführungsgänge der Gonaden teilt sich das hintere Gefäß in einen oberen und unteren Zweig, die bis zum Hilus der dorsalen bzw. ventralen Gonade verlaufen. Damit hat das geschlossene Gefäßsystem sein Ende erreicht, und das Blut wird nun, jedenfalls durch die Bewegungen des Körpers, durch das Lacunensystem, von dem Fig. 1 auf Taf. VIII eine Vorstellung geben mag, gedrängt. Da keine Venen existieren, muß das Herz sich das Blut wieder aus der Leibeshöhle aufsaugen. Im Eingeweidesinus entzieht das Blut dem Darm die Nährstoffe; den erforderlichen Sauerstoff muß es wegen des Fehlens besonderer Atmungsorgane beim Durchfließen der feinen Gewebslücken des Integuments aus dem umgebenden Wasser aufnehmen. Für eine solche Absorption ist die Haut der *Phyllirhoë* besonders geeignet, da sie, wie früher (S. 9) bemerkt, zum größten Teil von Epithelien nicht bedeckt ist. Dieser Sauerstoffverbrauch ist übrigens nach den Angaben v. Fürths (35, S. 127) bei den Tieren mit gallertig weicher Konsistenz ein ganz enormer. Berechnet man bei ihnen die respiratorische Aktivität unter Berücksichtigung des Gehaltes an organischer Substanz, »so ergibt sich die überraschende Tatsache, daß den zarten pelagischen Glastieren ein Gaswechsel zukommt, der in seiner Intensität meist denjenigen des Menschen übertrifft« (v. Fürth).

Was die feinere Struktur der Gefäße anbetrifft, so bestehen die Arterien aus einer dünnen Membran, in der sich zahlreiche, mehr oder weniger spindelförmige Zellen bemerkbar machen; der rundliche Kern liegt meist an dem einen Ende dieser kleinen Zellen; an ihren Polen

entsenden sie feine Fibrillen, welche die Gefäße in den verschiedensten Richtungen umspinnen. Eine besondere Struktur weist der Anfangsteil der Aorta, dicht unter dem muskulösen Sphincter auf. Man beobachtet hier eine Anhäufung kleiner runder Zellen. Ihr meist wandständiger Kern zeigt bisweilen Einschnürungen; auch kommen mitunter zwei Kerne vor. In dem feinkörnigen Protoplasma kann auch eine Vacuole sichtbar sein, die an mit Flemmingscher Lösung fixierten Präparaten eine homogene, braungrüne Concretion einschließen kann. Zu bemerken ist noch, daß die Aortenwand hier durch circulär verlaufende Fasern verdickt ist. Es ist möglich, daß die beschriebene Zellenanhäufung eine Drüse vorstellt; nach Hescheler (S. 315) finden sich solche Blutdrüsen bei vielen Opisthobranchiern, und zwar gewöhnlich am Anfangsteil der Aorta.

Das Blut der *Phyllirhoë* wird von Müller und Gegenbaur beschrieben als »eine farblose Flüssigkeit mit spärlichen zelligen Elementen. Sie sind von verschiedener Größe und messen von 0,003 bis 0,006‴. Ihr Kern ist blaß, selten mit einem Nucleolus versehen«. Aus dieser Angabe ist ersichtlich, daß die Blutzellen der *Phyllirhoë* kein Hämocyanin besitzen. Bekanntlich (v. Fürth) rührt nämlich die bei manchen Mollusken beobachtete blaue Färbung des Blutes von diesem kupferhaltigen Eiweißkörper her. Da das Hämocyanin erst den Blutzellen die Fähigkeit gibt, größere Sauerstoffmengen zu absorbieren, so dürfte den Blutzellen der *Phyllirhoë* nur eine phagocytäre Funktion zukommen, wie sie Simroth (S. 588) auch von den Blutzellen des farblosen Prosobranchierblutes annimmt. Die von den obigen Autoren am lebenden Tier gemachte Beobachtung, nämlich das spärliche Vorkommen zelliger Elemente in der strömenden Hämolymphe, läßt wohl die Schlußfolgerung zu, daß die kleinen runden Zellen, welche oft in Haufen in der Gallerte liegen (S. 10), nicht als Blutzellen anzusprechen sind; sondern als letztere können von den in der homogenen Grundsubstanz sich findenden Zellen nur diejenigen gedeutet werden, welche die für die Leucocyten charakteristischen Eigentümlichkeiten zeigen. In der Gallerte der *Phyllirhoë* finden sich nämlich, und zwar gar nicht so sehr selten, kleine Zellen, welche von einem anscheinend homogenen Saum umgrenzt sind; von letzterem können verschieden gestaltete, meist lappenförmige Forstätze, Lobopodien, ausgehen. Diese Erscheinung ist auf die den Blutzellen zukommende Bewegungsfähigkeit zurückzuführen, welche ja Cuénot zu der Bezeichnung »Amöbocyten« Veranlassung gegeben hat. Diese Zellen enthalten oft verschieden gestaltete Concretionen, die in Flemming-Präparaten teils tiefschwarz

gefärbt, teils von glänzender, braungrüner Beschaffenheit sind (Taf. V, Fig. 4 *c*). Diese Erscheinung, welche schon W. Flemming (32) bekannt war, sieht Knoll (65) als das Produkt eines lebhaften assimilatorischen Stoffwechsels an. Daneben kommt aber den Leucocyten nach Knoll noch eine excretorische Tätigkeit zu; ich bemerke hierzu, daß ich bei den verschiedensten Fixierungsmethoden in den Leucocyten eine bis zwei Vacuolen beobachtet habe.

In dem centralen feingekörnten Plasma der Leucocyten liegt der meist runde, selten unregelmäßig gestaltete Kern, der einen oder mehrere Kernkörperchen, wie ich im Gegensatz zu Müller und Gegenbaur angeben muß, beherbergt. Die Kerne sind von verschiedener Größe; bedeutende Größenunterschiede aber, welche Knoll als charakteristisch für die Blutkörperchen der Wirbellosen ansieht, weisen sie nicht auf. Schon Griesbach (42) hat in den Blutzellen der marinen Acephalen bisweilen zwei Kerne angetroffen, ohne aber einen Anhaltspunkt dafür zu besitzen, wie dieselben entstanden sind. Auch nach Cattaneo und Cuénot (zit. nach Griesbach) enthalten die Blutzellen der Mollusken bisweilen zwei Kerne. Unter den Leucocyten der *Phyllirhoë* habe ich nicht nur solche mit zwei Nuclei, sondern selbst mit drei und vier Kernen beobachtet.

Die Neubildung von Blutkörperchen während des postembryonalen Lebens ist bei Mollusken noch nicht mit Sicherheit festgestellt (165, S. 588). Auch Knoll hebt hervor, daß blutbereitende Organe bei den Wirbellosen überhaupt noch nicht auch nur einigermaßen sicher nachgewiesen sind. So wird bei den Mollusken die Pericardialdrüse von Grobben, Spillmann u. a. als ein namentlich excretorisch tätiges Organ aufgefaßt, während Wegmann u. a. (zit. nach Spillmann) ihr für die Blutbildung eine Bedeutung zuschreiben. Knoll fand an den Blutzellen der verschiedensten wirbellosen Tiere lebhafte amitotische Kernteilungen, die ihn zu der Annahme veranlaßten, daß die Neubildung der Blutzellen, wenigstens zum Teil, in der Blutflüssigkeit selbst sich abspielt. Eine mitotische Teilung von Blutzellen aber, wie sie nach seiner Angabe Apáthy und Eisig bei Wirbellosen beschreiben, hat er nicht konstatieren können. Bei *Phyllirhoë* habe ich an den Lymphzellen und an den Kernen des Pericardiums Figuren beobachtet, die meines Erachtens auf indirekte Teilung hinweisen; mit Bestimmtheit habe ich eine mitotische Kernteilung in dem oben erwähnten, am Anfang der Aorta gelegenen Zellhaufen gefunden; ich will aber nicht ohne weiteres auf Grund dieses Befundes diesen Teil der Aortenwand als Blutbildungsstätte in Anspruch nehmen.

Die excretorischen Elemente.

E. Hecht (53) und Cuénot (26) haben durch physiologische Injektionen bewiesen, daß bei den Opisthobranchiern außer den Nephridien gewisse Zellen der Leber und des Bindegewebes, letztere als Plasmazellen oder Leydigsche Zellen bekannt, die excretorischen Elemente darstellen.

Das Nephridium.

Während bei den cladohepatischen Nudibranchiern die Niere in der Regel (53 u. 57) zahlreiche Verästelungen zeigt, bildet das Nephridium der *Phyllirhoë* einen in der Medianebene des Körpers verlaufenden, unverästelten Sack. Am vorderen Ende kommuniziert die Niere durch einen mit langen Wimpern ausgestatteten Trichter, den Renopericardialgang, mit dem Herzbeutel, während ungefähr auf der Grenze des ersten und zweiten Drittels ihres Längsdurchmessers ein kurzer Harnleiter auf der rechten Körperseite die Verbindung mit dem umgebenden Medium herstellt (vgl. Taf. IV, Fig. 1).

Die Funktion dieses Schlauches war den ersten Beobachtern der *Phyllirhoë* völlig unklar; so wurden diese Gebilde von Eschscholtz (1825) als ein Respirationsorgan, von Quoy und Gaimard (1833) als Uterus und von Souleyt (1840) als Kiemenvenenstamm gedeutet. Erst im Jahre 1854 sprachen Müller und Gegenbaur die Vermutung aus, daß dieses Organ excretorisch tätig sei und vielleicht auch noch eine direkte Aufnahme von Wasser ins Blut ermögliche, da es sowohl mit dem Herzbeutel, als auch mit dem umgebenden Wasser kommuniziert. Das bald darauf (1855) erschienene Werk Gegenbaurs über Pteropoden und Heteropoden, in dem der berühmte Verfasser mit ausführlichen Argumenten für eine direkte Aufnahme von Wasser ins Blut mittels des contractilen Nierenschlauches eintritt, haben viele Erörterungen über dieses interessante Problem zur Folge gehabt. Der Auffassung Gegenbaurs trat in späteren Jahren (1883) besonders Joliet (61) entgegen. Er beschreibt die Tätigkeit des Nierensackes bei *Phyllirhoë* folgendermaßen: der am Anfang der Beobachtung zunächst zusammengefaltete Schlauch beginnt sich allmählich auszudehnen, indem durch das Schlagen der Cilien im Renopericardialgang Flüssigkeit aus dem Herzbeutel in die Niere gelangt. Während der ganzen Dauer der Aufblähung bleibt die äußere Öffnung der Niere geschlossen; sobald die Urinkammer aber vollständig gefüllt ist, öffnet sich die äußere Öffnung langsam und bleibt einige Sekunden sichtbar. In dieser kurzen Zeit schrumpft der Sack wieder zusammen und ent-

leert dabei seinen ganzen Inhalt nach außen. Darauf wiederholt sich dasselbe Spiel. Die Wandungen der Niere sind bei *Phyllirhoë* nach Joliet viel zu schwach, um durch ihre diastolischen und systolischen Bewegungen Wasser von außen aufsaugen zu können. Ganz anders aber liegen nach Joliet die Verhältnisse bei *Firola*; hier ist der Nierensack von kräftigen Muskelfasern umsponnen, von deren diastolischer Erschlaffung man a priori annehmen kann, daß sie eine saugende Wirkung ausübt. An diesem Heteropoden hat denn auch Joliet die Beobachtung Gegenbaurs bestätigen können, nämlich die Tatsache, daß fein verteilte Tusche, welche in die Umgebung der äußeren Nierenöffnung gebracht wird, bei der Diastole des Sackes zusammen mit dem Wasser ins Innere des Organs hineinströmt; aber nach fünf bis sechs Kontraktionen ist die Tusche wieder aus der Niere entfernt, und kein Körnchen ist in den Pericardialraum gedrungen. Joliet kann infolgedessen der Anschauung Gegenbaurs nicht beitreten.

Joliets Angaben fanden bald darauf durch Schiemenz (116) in zwei umfangreichen Arbeiten ihre Bestätigung. Auch Schiemenz kommt zu dem Schluß, daß für *Phyllirhoë*, die Heteropoden und Pteropoden eine Wasseraufnahme durch Niere und Herzbeutel vollkommen ausgeschlossen ist. Beide Organe besorgen vielmehr die Ausscheidung einer Flüssigkeit aus dem Blute.

Vor kurzem hat sich auch Rywosch bei *Pterotrachea* mit demselben Problem befaßt; seine Experimente gestatten ihm bis jetzt jedoch noch keine bestimmte Schlußfolgerung; er betont aber, daß ihm die Beobachtungen Joliets nicht genügen, um die Gegenbaursche Auffassung der Wasseraufnahme durch die Niere ins Blut widerlegen zu können.

Im Anschluß hieran möchte ich noch besonders auf die anscheinend in Vergessenheit geratenen Studien aufmerksam machen, welche Hecht an Nudibranchiern angestellt hat. Dieser Autor hat sich u. a. auch mit der Funktion des Renopericardialganges befaßt, ohne auf die Ansichten der älteren Forscher näher einzugehen. Hecht vermutet, daß der Nierentrichter eine kräftig saugende Wirkung auf den Inhalt des Herzbeutels ausübt. Er hat bei *Eolis* beobachtet, daß eine in den Herzbeutel injizierte Lösung von Methylgrün schon nach Verlauf von 8 Minuten in die Niere befördert war und daß ebenso schnell eine grüne Flüssigkeit sich aus der Ausflußöffnung in Wolken entleerte. Bei der bald darauf erfolgten Sektion enthielt der Herzbeutel keine Spur mehr von der injizierten Flüssigkeit, während der Nierentrichter noch grün gefärbt war. Diese Beobachtung darf wohl auch deshalb noch

besonderes Interesse beanspruchen, weil Rywosch bei seiner Kritik des von Joliet an *Firola* angestellten Experimentes die Ansicht ausspricht, daß man für den Nierentrichter von vornherein eine Durchlässigkeit von Farblösungen nicht annehmen könne und daher die von Joliet gemachte Beobachtung, daß die von außen in die Niere eingedrungene Auflösung von Tusche nur bis zum Nierentrichter vordringt, nicht die Annahme ausschließt, daß das von der Urinkammer aufgesogene, von corpusculären Elementen freie Meerwasser auch noch durch den Renopericardialgang und somit in den Herzbeutel befördert wird. Meines Erachtens erhält also der Jolietsche Versuch durch die von Hecht an Nudibranchiern konstatierte Tatsache, daß die Wimperflammen des Nierentrichters auch den Durchfluß von Farblösungen gestatten, eine höhere Beweiskraft für die Annahme, daß sich ein Flüssigkeitsstrom vom Herzbeutel aus nach dem Nierensack, und nicht umgekehrt, bewegt. Nach Meisenheimer muß man diesen Lauf schon allein aus dem Verhalten der an der Kommunikationsstelle zwischen Niere und Pericard befindlichen Cilien die ja stets nach der Niere zu gerichtet sind, folgern. Mit v. Ihering nimmt er an, daß das aufgenommene Wasser nur zur Ausspülung der Niere dient, sonst aber weiter keine Bedeutung für den Stoffwechsel des Tieres hat.

Da mir nur konserviertes Material zur Verfügung stand, muß ich mich mit der Mitteilung einiger histologischer Befunde begnügen, die aber vielleicht doch das Verständnis für die Funktion dieses interessanten Organs etwas erleichtern können. Wie schon die älteren Autoren (Müller, Gegenbaur, Leuckart und Bergh) bemerkt haben, sind auch bei *Phyllirhoë* die den Epithelien des Nierentrichters aufsitzenden langen Cilien stets nach der Niere zu gerichtet; ich habe sie oft noch eine ziemliche Strecke in das Lumen des Nierensackes hineinragen sehen, wobei sich das Büschel allmählich konisch verjüngte (Taf. VIII, Fig. 4 *a*); diese Gestalt könnte meines Erachtens dieses Büschel unmöglich annehmen, wenn sich ein Flüssigkeitsstrom von der Niere nach dem Herzen zu bewegen würde, denn dann würden wohl ohne Zweifel die feinen Cilien des in die Urinkammer hineinragenden Büschels auseinander geschlagen sein. Mehrmals habe ich mich auch deutlich davon überzeugen können, daß einzelne lange Wimperflammen von der im Pericardium gelegenen Öffnung des Nierentrichters in den Herzbeutel hineinragen. Ein solches Verhalten des Nierentrichters ist bis jetzt, wie mir eine Durchsicht der einschlägigen Literatur zeigt, noch nie beobachtet worden. Auch in der jüngst erschienenen Arbeit von Rolle (113) über »Die Renopericardialverbindung

bei den Nacktschnecken« finde ich keine ähnliche Angabe. Diese Flimmerbüschel haben vielleicht den Zweck, durch ihre Bewegungen die im Herzbeutel verteilte Flüssigkeit nach der Nierenöffnung zu befördern. Nachträglich erwähne ich noch, daß die Basis des Pericardiums von einigen Parenchymmuskelfasern umfaßt wird; diese Verbindung mit muskulösen Elementen, die bisher auch noch nicht konstatiert ist, gestattet wohl dem Herzbeutel schneller und leichter seinen Inhalt nach der Niere zu befördern. Daß bei *Phyllirhoë* eine Flüssigkeit aus dem Pericardium nach der Niere zu sich ergießt, erscheint mir nach der Beschreibung, die Joliet von der Tätigkeit der Niere gibt, als ziemlich sicher.

Was nun die feinere Struktur des eigentlichen Nierensackes der *Phyllirhoë* anbetrifft, so haben schon die früheren Beobachter erwähnt, daß sich seine dünnen Wandungen aus einer äußeren strukturlosen Membran und an deren Innenschicht sich anlegenden Epithelien zusammensetzt. Letztere werden als ziemlich große, feingranulierte, kernhaltige Zellen beschrieben. Außer diesen Zellen von gleichmäßig feinkörniger Beschaffenheit habe ich bei den Nierenepithelien der *Phyllirhoë* häufig noch einen zweiten Zelltypus beobachtet, der durch das Vorhandensein einer Vacuole charakterisiert ist. Solche vacuolisierte Nierenepithelien hat Hecht bei allen Nudibranchiern gefunden; die bei diesem Typus stark abgeplatteten, polygonalen Epithelien der *Phyllirhoë* schließen stets nur eine scharf konturierte Vacuole ein, welche häufig fast den ganzen Zellleib einnimmt und dann den bisweilen unregelmäßig gestalteten Kern in einen Winkel der Zelle drängt (Fig. 4 *b*). Hecht hat in diesen Vacuolen verschiedenartig gestaltete Concretionen und Kristalle bemerkt, die nach ihm als die Produkte der Excretion anzusehen sind, denn sie werden von den Zellen zugleich mit der Vacuole ausgestoßen. Bei *Phyllirhoë* habe ich die Vacuolen stets frei von jeglichen Einschlüssen gefunden; es ist nicht ausgeschlossen, daß solche Concretionen auch die Nierenepithelien lebender Phyllirhoën enthalten, bei meinem konservierten Material aber durch die angewandten Fixierungsmittel aufgelöst worden sind. Bei physiologischen Injektionen, zu welchen Hecht mit bestem Erfolge Lösungen von Methylgrün, Säurefuchsin, Indigokarmin und Ammoniakkarmin benutzte, erschien schon nach wenigen Minuten die betreffende Farbe in den Vacuolen der Nierenepithelien, und oft waren in weniger als 48 Stunden alle Epithelien wieder frei von Farbe. Auch die Urinkammer der *Phyllirhoë* scheint eine lebhafte excretorische Tätigkeit

zu entfalten, denn bei mehreren Individuen war dieses Organ mit Vacuolen förmlich übersät.

Wie verschiedene Autoren (Müller, Gegenbaur, Leuckart, Joliet) bestätigen, kontrahiert sich der Nierensack von Zeit zu Zeit. Diese Kontraktionen sind wohl bei *Phyllirhoë* der Ausdruck der Tätigkeit einiger Parenchymmuskelfasern, welche sich bei ihrem Verlauf durch die Leibeshöhle an die Urinkammer, namentlich in der Umgebung des Harnleiters, anlehnen, ohne aber hier zu enden; ein zartes Muskelnetz, welches nach Leuckart die Niere umspannt, habe ich nicht gefunden.

Rywosch ist übrigens der Ansicht, daß bei diesem contractilen Sack die Diastole die aktive Phase ausmacht. Während er nämlich an toten Pterotracheen das Herz stets in diastolischer Erweiterung gefunden hat, war das Volumen des Nierenschlauches bei verendeten Tieren viel geringer als es in Diastole ist. An meinen konservierten Phyllirhoën befindet sich die Urinkammer bei einzelnen anscheinend in völlig entwickelter Diastole; in der Regel ist aber die Niere in ihrem vorderen Teil etwas kontrahiert (Taf. IV, Fig. 1); das hinterste Ende dagegen ist stets sackartig aufgebläht.

Was die Innervation des Nephridiums anbetrifft, so hat Rywosch bei *Pterotrachea* festgestellt, daß durch die Exstirpation des »Ösophagealganglions« die Tätigkeit dieses contractilen Schlauches gesteigert wird; bestimmtere Angaben aber kann er nicht machen. Nach Vissichelli innerviert bei *Phyllirhoë* der aus dem pleuralen Abschnitt der dorsalen Ganglienknoten entspringende Seitennerv die Niere. Da Vissichelli genauere Angaben nicht macht, und auch in seiner Fig. 1 nur Zweige dieses Nerven über das blindsackartige Ende der Niere laufen, vermutet wohl Vissichelli, daß diese Äste das Nephridium innervieren. Ich habe ebenfalls die letzten Ausläufer des Pleuralnerven häufig über den Blindsack der Urinkammer ziehen sehen; doch ich habe mich nie davon überzeugen können, daß diese an die Haut tretenden Zweige auch Nerven an die Niere abgeben. Auch nach meinen Beobachtungen wird das Nephridium der *Phyllirhoë* vom Seitennerven innerviert; aber die Innervation liegt an einer andern Stelle als sie Vissichelli einzeichnet. Mehrmals habe ich einwandfrei feststellen können, daß von dem rechten Seitennerven zu dem vordersten Nierenabschnitt ein feiner Nerv läuft, der auf der Niere ein zierliches Nervengeflecht bildet, das die Niere am Ursprung des seitlichen Harnleiters allseitig umfaßt. Von diesem Nervengeflecht, in dem ich einmal eine wohl ausgebildete bipolare Ganglienzelle bemerkt habe, ziehen feine Fäserchen zu dem,

wie bei den meisten Nudibranchiern, so auch bei *Phyllirhoë* dicht unter der äußeren Nierenöffnung gelegenen After. Beiläufig bemerke ich hier, daß ich eine Analdrüse bei *Phyllirhoë bucephala* nicht gefunden habe. Hecht hat unter den Nudibranchiern ein drüsiges Organ am After bei *Proctonotus mucroniphorus* konstatiert. In der Abbildung, die Bergh (7) auf Taf. XXVII, Fig. 1, von dem Analtrichter der *Phyllirhoë atlantica* gibt, ist in das Analfeld, ein ziemlich großes, ovales Gebilde eingezeichnet; man könnte annehmen, daß dieses Organ, von dem Bergh allerdings im Text nichts erwähnt, eine Analdrüse darstellt. Im Analfeld der *Phyllirhoë bucephala* habe ich dieses ovale Gebilde nicht bemerkt.

Die Mitteldarmdrüse.

Was den feineren Bau der Leberschläuche, besser Mitteldarmdrüse genannt, anbetrifft, so habe ich hier zwei verschiedene Zellarten beobachtet. Die einzelnen Drüsenläppchen (Taf. VIII, Fig. 1 *L*) setzen sich zum größten Teil aus kleinen, keulenförmigen Zellen zusammen. Während in dem basalen, schmalen Teil dieser Zellen sich der sehr kleine Kern befindet, machen sich in dem oberen breiteren Teil des Zellkörpers kleinste Bläschen bemerkbar; letztere können sich zu einer großen Vacuole vereinigen, die kleine körnige Gebilde oder einen großen, feinkörnigen Ballen einschließt. Letzterer ist in Heidenhain-Präparaten tiefschwarz tingiert; bei Objekten dagegen, die nur mit Flemmingscher Lösung fixiert sind, zeigt er eine braunschwarze Farbe. Ferner finden sich in der Mitteldarmdrüse Zellen, welche meist mit breiter Basis der Grenzlamelle aufsitzen und einen relativ großen Kern besitzen. In dem Plasma dieser Zellen machen sich kleine scharfkonturierte Vacuolen bemerkbar, die häufig von einem rundlichen, mit Heidenhains Eisenalaun-Hämatoxylinlösung sich nicht färbenden Körper ausgefüllt sind. Ähnliche Zellen bedecken in einschichtiger Lage auch die Ausführungsgänge der Leber. Es sind also auch diese Abschnitte der Mitteldarmdrüse entgegen der von Bergh (7, S. 223) aufgestellten Behauptung nicht frei von Leberzellen.

Beiläufig bemerke ich, daß der Mitteldarm ein einschichtiges Wimperepithel besitzt, das sich im hinteren Teil zu einem kleinen Wulst erhebt. Dieser Epithelwulst läßt sich durch den ganzen, ebenfalls mit Flimmerepithel ausgestatteten Enddarm verfolgen. Eine ähnliche Falte im Darm hat Hecht bei *Tritonia* und *Doto* und Meisenheimer bei allen thecosomen Pteropoden beobachtet. Die Bedeutung dieses Längswulstes sehe ich mit den genannten Autoren in der durch ihn hervorgerufenen Vergrößerung der Resorptionsfläche.

Die Plasmazellen.

Im Jahre 1883 beschrieb Brock (17) unter dem Namen Plasmazellen Gebilde, welche er im Bindegewebe verschiedener Mollusken (*Aplysia*, *Pleurobranchus*, *Limax* u. a.) angetroffen hat. Auch bei andern Mollusken sind späterhin ähnliche Zellen vielfach beobachtet worden; so z. B. vermute ich, daß die von Haller (47) als Ganglienzellen gedeuteten Gebilde im Peritoneum von *Doris* gleichbedeutend den Brockschen Plasmazellen sind. Auch in dem Bindegewebe, das das Centralnervensystem der marinen Rhipidoglossen umgibt, hat derselbe Autor (48) viele mit Vacuolen durchsetzte Zellen angetroffen; wie aus den Fig. 28, 29, 30 und 60 der Hallerschen Arbeit ersichtlich ist, stimmen diese Zellen hinsichtlich ihrer Struktur völlig mit den Plasmazellen überein. Übrigens hebt Brock hervor, daß die Plasmazellen namentlich in der Umgebung des Centralnervensystems und der größeren Nervenstämme vorkommen. Unter den Bindesubstanzzellen aus dem Fuße von *Tethys*, welche List (83) studiert hat, entspricht die in Fig. 12 *c* abgebildete Form ohne Zweifel den von Brock beschriebenen Zellen. Desgleichen bin ich der Ansicht, daß, wie schon früher (S. 67) erwähnt, die von Haller (46) und von Spillmann im Bindegewebe des Herzens der Chitonen und Trochiden gefundenen und von Haller als Ganglienzellen gedeuteten Gebilde Plasmazellen darstellen. Hecht und Cuénot haben nun den Nachweis erbracht, daß diesen Zellen, die sie auch im Bindegewebe vieler opisthobranchiaten Gastropoden angetroffen haben, eine excretorische Funktion zukommt. Injizierten sie eine Lösung von Ammoniakkarmin in die Leibeshöhle lebender Opisthobranchier, so fanden sie, daß der Farbstoff bald in den Vacuolen dieser Zellen anzutreffen war; Kern und Plasma der Zellen blieben aber ungefärbt. In diesen Vacuolen fanden sie auch häufig gelblich oder grünlich gefärbte Kristalle von verschiedener Gestalt, auch Fettkügelchen und schwarzes Pigment. Hecht und Cuénot nehmen an, daß alle diese Zelleinschlüsse die Produkte der normalen Excretion sind. Wie Cuénot bei *Paludina* beobachtet hat, vermehrt sich allmählich die Zahl der mit Concretionen beladenen Vacuolen; schließlich enthält die Zelle keine tätigen Vacuolen mehr, sie degeneriert dann und streut ihren Inhalt in den ganzen Körper aus, aus dem er durch die Phagocyten entfernt wird.

In der homogenen Grundsubstanz der *Phyllirhoë* finden sich nun allenthalben, besonders zahlreich in der Umgebung der Eingeweide, Zellen, welche mit den von Hecht (Fig. 66, 67) bei *Elysia viridis* und

von Cuénot bei *Paludina* (Fig. 18) und *Pleurobranchus* (Fig. 20) beobachteten Zellen völlig übereinstimmen (Taf. VIII, Fig. 3 *b*). Die Plasmazellen der *Phyllirhoë* sind durchschnittlich 0,03 mm groß und in der Regel mehr oder weniger rundlich. Ihr Zellleib schließt meist mehrere kleinere Vacuolen ein, bisweilen enthält er aber auch nur eine einzige, sehr große Vacuole, wie es auch Hecht beobachtet hat. Ebenso kann ich auch mit dem letzteren Autor bestätigen, daß die häufig spindelförmigen Plasmazellen mittels ihrer zu einem feinen Strang sich ausziehenden Enden miteinander in Verbindung stehen. Brock dagegen behauptet, daß die Plasmazellen niemals unter sich zusammenhängen. Einmal ging ohne Zweifel der feine Ausläufer einer Plasmazelle in eine Nervenfaser über. Eine Innervierung würde ja gegen die bindegewebige Natur dieser Zellen sprechen und, da ich eine solche wie eine Innervation aussehende Verbindung nur einmal konstatiert habe, dürfte es sich um ein zufälliges Lagerungsverhältnis handeln. Mehrmals habe ich aber, entsprechend der schon erwähnten Beobachtungen von Brock und Haller, diese Zellen dem Neurilemm dickerer Nervenstämme platt angelagert gefunden; von einer Innervation kann aber hier nicht die Rede sein (vgl. S. 33). Die Plasmazellen der *Phyllirhoë* nehmen mitunter sonderbare Formen an; oft zeigt ihre äußere Kontur kleine, spitze Vorsprünge. Die Vacuolen dieser Zellen finde ich fast stets leer, nur einmal habe ich bei einem in Chromsäure gehärteten und mit Böhmers Hämatoxylin gefärbten Präparat in einzelnen Vacuolen einen feingekörnten, blaßblau tingierten Inhalt angetroffen, und bei zwei weiteren Präparaten, die von mit Sublimatessigsäure bzw. Flemmingscher Lösung fixierten Tieren herrührten, enthielten in manchen Plasmazellen die Vacuolen unregelmäßig gestaltete, homogene Concretionen (Fig. 3 *c*). Simroth (S. 587) ist der Ansicht, daß die Excretionszellen im Bindegewebe der Mollusken Hippursäure einschließen.

Hinsichtlich der Struktur des Kernes und des Plasmas stimmen diese im Bindegewebe der *Phyllirhoë* frei vorkommenden Zellen völlig mit den schon bei der Beschreibung der Parenchymmuskulatur auf S. 45 erwähnten Gebilden überein. Ich vermute, daß alle diese Zellen auch bei *Phyllirhoë* excretorisch tätig sind. Mit Sicherheit kann jedoch diese Frage nur durch Injektionen von geeigneten Farblösungen am lebenden Tier entschieden werden. Erwähnen will ich noch, daß Günther (44), wie aus seiner Fig. 26 ersichtlich ist, diese Zellen als die noch nicht befruchteten Eier der *Menestra* ansieht.

In der Gallerte der *Phyllirhoë* finden sich außerdem noch große, mehr oder weniger eiförmige Zellen, die einen Umfang von 0,08 mm

erreichen können und vielleicht auch zur Excretion in Beziehung stehen (Fig. 3 *a*). An der Basis dieser Zellen liegt ein mächtig entwickelter, chromatinreicher Kern, der einen großen Nucleolus besitzt. Das um den Kern gelegene, dicht granulierte Zellplasma hebt sich halbmondförmig von dem oberen helleren Zellteil ab; je mehr letzterer an Umfang zunimmt, desto stärker plattet sich der Kern ab. An Objekten, die in Flemmingscher Lösung fixiert sind, besteht der hellere Zellteil anscheinend aus einer mächtigen Vacuole, die bei einem Tier in mehreren Zellen eine große graugrüne Concretion von unregelmäßiger Gestalt einschließt. Bei mit Chromsäure fixierten Präparaten macht sich in dem helleren Zellabschnitt ein weitmaschiges Netzwerk bemerkbar, das mit acidophilen Körnchen besetzt ist. Ein für die Annahme ihrer excretorischen Funktion wichtiges Aussehen zeigen diese Gebilde bei einem Exemplar, das in Chromessigsäure fixiert und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt ist. Hier hebt sich ein roter körniger Zellabschnitt von der blau tingierten, den Kern enthaltenden Zellbasis scharf ab; besonders interessant ist es nun, daß diese Zellen häufig in ihrem oberen Teil eine Einschnürung zeigen, die den Eindruck erweckt, als ob die Zellen gerade im Begriff sind, diese rotgefärbten feinkörnigen Massen auszustoßen. Bemerkenswert ist noch, daß gerade bei diesem Tier die Leucocyten rote Konglomerate, bisweilen von beträchtlicher Größe, einschließen, die auch in ihrer sonstigen Struktur mit dem eosinophilen Inhalt der beschriebenen Zellen übereinstimmen. Erwähnen möchte ich noch, daß der Verlauf der phagocytären Funktion bei den Mollusken, wie auch Simroth (S. 588) hervorhebt, durchaus noch nicht genügend verfolgt ist. Man nimmt an (115, S. 75), daß die Leucocyten die aufgenommenen Excretstoffe entweder an die Nieren abgeben oder mit ihnen ins Darmlumen oder an die Körperoberfläche auswandern.

Am Ende meiner Besprechung der excretorischen Elemente möchte ich noch daran erinnern, daß Bergh (8) die Vermutung ausspricht, daß die mehrzelligen Hautdrüsen der *Phyllirhoë* (vgl. S. 55) Excretionsorgane sind. Wie aber aus meiner früheren Beschreibung wohl hervorgeht, bietet uns die Struktur dieser Drüsen keine Anhaltspunkte, um die Annahme einer excretorischen Funktion als berechtigt erscheinen zu lassen.

Zum Schluß will ich noch eine interessante Beobachtung erwähnen, die ich an mehreren Phyllirhoën gemacht habe. Auf der Haut dieser Tiere habe ich nämlich sehr kleine, mit bloßem Auge gerade noch wahrnehmbare Parasiten gefunden, die als **Trematoden** oder deren Larven zu deuten sind; und zwar habe ich zwei verschiedene Formen

beobachtet. Die eine, häufiger geschene Art hat eine cylindrische, vorn verjüngte Gestalt. Diese Tiere sind von einem durchsichtigen, strukturlosen Oberhäutchen umgeben, unter dem sich eine feinkörnige Schicht bemerkbar macht. Am vorderen Ende befindet sich ein vorstreckbarer Pharynx, mit dem sich das Tier festsaugt (Taf. IV, Fig. 5). Dem Pharyngealapparat schließt sich ein zwiebelförmiger Oesophagus an, der sich nach hinten zu in einen ungeteilten Darm fortsetzt. In der mittleren Körperregion fällt, von einem hellen Hofe umgeben, ein ovales Gebilde auf, das sich intensiv mit Hämalaun und Karmin färbt. Über die Bedeutung dieses relativ großen Organs kann ich nichts aussagen; ich hielt es zuerst für einen Bauchsaugnapf; doch Schnittserien zeigen daß es nicht mit der Außenwelt kommuniziert.

Während sich diese Tiere als reine Ectoparasiten zeigen, habe ich die andre Trematodenart (Taf. IV, Fig. 4) außer auf der Haut auch in der homogenen Grundsubstanz angetroffen. Sie ist von etwas breiterer und mehr abgeplatteter Gestalt und hat einen deutlich ausgebildeten Hautmuskelschlauch, der aus Längs- und darüber liegenden schwächeren Ringfasern besteht. Ferner besitzen diese Parasiten zwei Saugnäpfe, von denen der eine am vorderen Körperende, der andre an der Bauchseite gelegen ist (Taf. VIII, Fig. 14).

Beide Arten haben durchschnittlich eine Größe von 0,25 mm. Stellen diese Tiere keine Larven, sondern entwickelte Saugwürmer dar, so würden sie zu den kleinsten bisher gefundenen Trematoden gehören; denn nach Braun (16, S. 586) ist *Distomum claviforme*, welches von allen Saugwürmern wahrscheinlich die geringste Größe aufweist, 0,3 mm lang. Bemerkenswert ist noch, daß ich alle diese Parasiten außer an dem aus Neapel erhaltenen Material auch an Phyllirhoën gefunden habe, welche mir die zoologische Station zu Villefranche gütigst zur Verfügung stellte.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Geheimem Rat, Prof. Dr. Chun für die mir zuteil gewordene Unterstützung und für das rege Interesse, mit welchem er meine Arbeiten bis zu ihrer Vollendung verfolgte, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen. Desgleichen danke ich den Herren Prof. Dr. zur Strassen und Prof. Dr. Woltereck für die meinem Thema entgegengebrachte Aufmerksamkeit. Besondere Umstände zwangen mich leider, das zoologische Institut in Leipzig nach mehreren Semestern zu verlassen und meine Untersuchungen in Berlin selbständig zu Ende zu führen. Herrn Prof. Dr. Schmaltz und Herrn Städt. Obertierarzt Bongert, Berlin, bin ich zu großem

Danke verpflichtet für die Liberalität, mit welcher mir die Hilfsmittel der von ihnen geleiteten Institute zur Verfügung gestellt wurden; letzterem Herrn schulde ich noch besonderen Dank für die gütige Anfertigung der auf Taf. IV befindlichen Photogramme.

Nachtrag.

Die im letzten Heft (Bd. LXXV, Heft 3) des Archivs für mikroskopische Anatomie erschienene Arbeit des Dr. Trojan-Prag, betitelt: »Ein Beitrag zur Histologie von *Phyllirhoë bucephala* Péron u. Lesueur mit besonderer Berücksichtigung des Leuchtvermögens dieses Tieres«, veranlaßt mich, noch einige nachträgliche Bemerkungen zu machen.

Zunächst muß ich meine Verwunderung darüber zum Ausdruck bringen, daß Trojan auf meine schon im Jahre 1907 in der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin gehaltenen Vorträge über *Phyllirhoë* (vgl. S. 106 der vorliegenden Arbeit) nur am Schlusse seiner Abhandlung mit wenigen Worten eingeht, obwohl schon in dem von der Zoologischen Station zu Neapel herausgegebenen Jahresbericht für 1907 auf meine beiden Mitteilungen hingewiesen wird; Trojan dagegen hat in Neapel erst im Frühjahr 1909 seine Studien an *Phyllirhoë* begonnen.

Da ich schon in meinen vorläufigen Mitteilungen gerade die von Trojan zum Gegenstand seiner Untersuchungen gemachten Gewebselemente ausführlich beschrieben habe, würde es sich erübrigen, auf seine Arbeit näher einzugehen, wenn nicht viele seiner Angaben in schroffem Gegensatz zu dem Ergebnis der von den früheren Autoren und mir angestellten Beobachtungen ständen. So behauptet Trojan (S. 502), daß Panceri die Chromatophoren der *Phyllirhoë* »arg mit den sogenannten Müllerschen Zellen vertauscht« hat. Dieser Vorwurf ist, wie aus meinen auf S. 11 und S. 59 gemachten Ausführungen hervorgeht, völlig unbegründet; vielmehr hat sich Trojan einen Beobachtungsfehler zuschulden kommen lassen, der um so bedauerlicher ist, als dadurch die Schlußfolgerungen, zu welchen er auf Grund seiner physiologischen Untersuchungen der Lichtquellen kommt, zum größten Teile hinfällig werden.

Panceri hat, wie die in seiner Fig. 3 abgebildete Chromatophore[1] zeigt, die wirklichen Pigmentzellen beobachtet; es ist auch seine Angabe zutreffend, daß diese Gebilde am Kopf, an den Fühlern, an der Schwanzflosse und an den Seitenflächen des Körpers fehlen; sie sind nur nahe

[1] Von Trojan als Textfigur auf S. 489 wiedergegeben.

dem dorsalen und ventralen Körperrande zu finden. Als Müllersche Zellen hat Panceri Gebilde bezeichnet, welche zuerst von Heinrich Müller im Jahre 1853 mit den Worten beschrieben wurden: »Außerdem kommen fast über die ganze Körperoberfläche zerstreut, und an feinsten Nervenfädchen sitzend, scharf konturierte, rundliche[1] Zellen vor, welche neben einem Kern eine größere oder kleinere gelblich glänzende Kugel enthalten.« Letztere hat dann später Panceri durch die Anwendung von Osmiumsäure als einen fettartigen Körper erkannt. An der Luminescenz der *Phyllirhoë* sind nun nach Panceri hauptsächlich die Müllerschen Zellen beteiligt, welche nach seiner Ansicht besonders gestaltete Ganglienzellen darstellen; außer diesen Gebilden sollen aber nach Panceri auch noch andre periphere Ganglienzellen leuchten, welche im Gegensatz zu den kugeligen und doppelt konturierten Müllerschen Zellen immer einen einfachen Kontur und häufig eine birnenförmige Gestalt zeigen; ferner haben nach Panceri diese »cellule gangliari ordinarie« einen homogenen, nach Anwendung von Reagenzien feingekörnten Inhalt. Wie ich schon auf S. 59 ausführlicher erwähnt habe, erkannten spätere Autoren, daß es sich bei den von Panceri als Ganglienzellen beschriebenen Gebilden um Drüsenzellen handelt. Im Jahre 1907 habe ich dann die feineren Details dieser Drüsenzellen eingehend beschrieben und u. a. mitgeteilt, daß die Müllerschen Zellen einen Fettkörper ausscheiden, während die übrigen von Panceri beschriebenen Leuchtzellen ein acidophiles Secret liefern und demnach als Eiweißdrüsenzellen anzusprechen sind. Während letztere Angabe durch Trojan bestätigt wird, stellen dagegen nach ihm die von Panceri, Bergh und mir unter dem Namen »Müllersche Zellen« beschriebenen Gebilde kontrahierte Pigmentzellen dar; es sollen zu ihnen radiär Muskelfasern hinziehen, wie wir sie von den Chromatophoren der Cephalopoden her kennen (S. 501); allerdings will er diese Beobachtung nur an den »Pigmentzellen« (Trojan) des Kopfes gemacht haben. Von einer Innervation dieser Gebilde erwähnt übrigens Trojan nichts. Hierzu muß ich bemerken, daß an Totoexemplaren an keiner einzigen Stelle des Körpers von einer Verbindung der Müllerschen Zellen mit Muskelfasern auch nur die geringste Andeutung zu erkennen ist. Dagegen findet man beim Studium ganzer Tiere, welche mit 1%iger Chromsäure fixiert sind, bei starker Vergrößerung über jeder Müllerschen Zelle einen kleinen Porus in der Haut, und in 5 μ dicken Querschnitten läßt die Kommunikation dieser Zellen mit der

[1] Von mir durch Sperrdruck hervorgehoben.

Hautoberfläche sich einwandfrei feststellen (vgl. Fig. 11 auf Taf. VIII); übrigens zeigt ja deutlich auch Fig. 26 auf Taf. XX der Arbeit Trojans, wie sich der Inhalt der Zelle nach außen zu schon ein wenig zuspitzt und sich direkt darüber in der Basalmembran die sehr kleine Öffnung findet. In Flemming-Präparaten habe ich auch öfter Müllersche Zellen angetroffen, welche nicht gleichmäßig schwarz tingiert waren, sondern wie es die Fig. 24 und 25 bei Trojan lehren, zahlreiche schwarze, unregelmäßig gestaltete Partikelchen in einer graugrünen, feingekörnten Masse zeigen. Diese Erscheinung habe ich aber nicht weiter erwähnt, weil ich sie auf eine Wirkung der Reagenzien zurückführe; vielleicht stellt sie aber auch, wie ich hier noch nachträglich anführen möchte, die beginnende Fettmetamorphose des Zellplasmas dar. Im übrigen stimmen aber die von Trojan über seine Chromatophoren gemachten Angaben mit der schon von Panceri gegebenen Beschreibung der Müllerschen Zellen überein. Es stellen diese Gebilde auch nach Trojan (vgl. S. 500—502) »ausgeprägt kugelige Zellen« dar, die am ganzen Körper, sehr zahlreich an seinen Rändern sich finden; dagegen kommen sie an den Tentakeln nicht vor; ebenso hat auch Trojan ihre »intensive Schwärzung durch Osmiumsäure« konstatiert. Da nun aber, wie schon erwähnt, Trojan diese Gebilde im Zusammenhang mit Muskelfasern beobachtet haben will, sieht er sie als Chromatophoren im Kontraktionszustand an und legt die von Panceri eingeführte Nomenklatur, Müllersche Zellen, den Eiweißdrüsenzellen bei; letztere hat Panceri im Gegensatz zu den »cellule di Müller« als »cellule gangliari periferiche dell' ordinaria forma« bezeichnet. Auch Trojan (S. 486) hat die schon oben angeführte Beobachtung Panceris bestätigt, daß der Inhalt dieser Zellen homogen, beziehungsweise sehr feinkörnig ist; auch zeigen in seinen Abbildungen die Eiweißdrüsenzellen stets eine birnenförmige Gestalt. Dagegen kann ich mich nicht mit der Angabe Trojans einverstanden erklären, daß diese Zellen eine sehr dicke Membran haben; vielmehr ist der Befund Panceris zutreffend, daß diese Gebilde im ausgewachsenen Zustande von einer dünnen Zellhaut begrenzt sind. In instruktiver Weise lassen dies Chromsäurepräparate erkennen; an ihnen fallen die Müllerschen Zellen durch ihre auffallend dicke, scharf konturierte Membran sofort dem Beobachter auf, während sich die Kontur der Eiweißdrüsenzellen meist nur schwach abhebt.

Was nun die physiologischen Untersuchungen Trojans hinsichtlich des Leuchtvermögens der *Phyllirhoë* anbetrifft, so finden wir die Resultate Panceris im wesentlichen bestätigt. Auch Trojan (S. 479)

fand, daß »der ganze Körper des Tieres, inbegriffen die Tentakeln, leuchtet«, . . . »besonders schön leuchten der Kopf, die Konturen des Körpers und einige Punkte der Seiten«. Leider hat sich aber der Autor nicht mit den Angaben Panceris (1872, S. 7) befaßt, daß bei *Phyllirhoë* auch die Fühlerganglien und selbst die vier über dem Oesophagus liegenden Ganglienknoten Licht erzeugen. Während nun nach Panceri namentlich die Müllerschen Zellen und die jetzt als acidophile Drüsenzellen erkannten Gebilde an der Lichtentwicklung beteiligt sind, soll nach Trojan das Secret der mucösen Drüsenzellen (vgl. S. 56 dieser Arbeit) und der mehrzelligen Hautdrüsen (S. 55) leuchten. Daß die Schleimzellen die Luminescenz verursachen, erscheint mir sehr unwahrscheinlich; sie finden sich bei allen Nudibranchiern in reichlicher Menge und haben wohl ohne Zweifel die Aufgabe, durch ihr Secret den schalenlosen Körper vor Beschädigungen zu schützen. Vielmehr halte ich die Ansicht Panceris für zutreffender. Namentlich rührt wohl das Licht von den Müllerschen Zellen her; sie kommen besonders am Kopf und an den Körperrändern vor, an welchen nach Panceri und Trojan das Licht sehr intensiv ist; ferner stehen Fettstoffe, wie ja auch Trojan (S. 506) erwähnt, »schon seit langem in Verdacht, der Hauptfaktor des Leuchtphänomens zu sein«. In den Tentakeln, denen die Müllerschen Zellen fehlen, kommt allem Anscheine nach das Secret der Eiweißdrüsenzellen zum Aufleuchten. Ich habe schon früher (1907, S. 116) erwähnt, daß namentlich der ventrale Rand der Fühler reich mit diesen Drüsenzellen besetzt ist. Nachträglich sei mir noch die Bemerkung gestattet, daß in dem Bild, welches Panceri[1] von einer im Dunkeln leuchtenden *Phyllirhoë* hergestellt hat, die Lichtpunkte in den Tentakeln sich fast ausschließlich an deren unterem Rand finden.

Nach Trojan (S. 492) sollen die mehrzelligen Hautdrüsen durch Teilung der vereinzelt vorkommenden Schleimzellen entstehen; demgegenüber muß ich den schon auf S. 55 ausführlich beschriebenen Befund wiederholen, daß diese mehrzelligen Drüsen ohne Zweifel acidophile Secretgranula ausscheiden. Sie können sich also unmöglich aus den mucösen Drüsenzellen entwickeln. Übrigens erwähnt ja auch Trojan, daß an den Kernen der vereinzelten Schleimdrüsen niemals Teilungsstadien zu konstatieren sind. Die Angaben, welche Trojan auf S. 484 über die Entstehung der mucösen Drüsenzellen macht, haben mich zu einer Nachprüfung veranlaßt. Obwohl ich, was Trojan

[1] Von Trojan auf Taf. XIX als Fig. 3 wiedergegeben.

nicht getan zu haben scheint, Tiere aller Größen untersucht habe, sind mir diese Mitteilungen des Autors unklar geblieben. Daß es sich ferner bei den auf S. 483 beschriebenen »Zellen mit einem feinkörnigen Inhalte« immer um in der Regenerationsphase befindliche Schleimdrüsen handelt, erlaube ich mir zu bezweifeln. Zellen mit einer derartigen Struktur habe ich ebenfalls öfter angetroffen; auch hatten sie sich mit Hämatoxylin intensiv gefärbt; jedoch nahmen diese Gebilde niemals das Mucikarmin an; war letzteres der Fall, so zeigte sich schon das feine Netzwerk. Es ist ja auch eine bekannte Tatsache, daß die Vorstufen des Drüsenproduktes sich anders tingieren als das reife Secret.

Von den histologischen Ergebnissen Trojans erfordert namentlich noch die Angabe (S. 504) eine Berichtigung, daß der *Phyllirhoë* die beiden relativ großen, an der Unterseite des Pharynx gelegenen Speicheldrüsen fehlen sollen. Sie waren schon den alten Autoren bekannt und sind ziemlich eingehend von Bergh (1870, S. 221) beschrieben worden; ich habe nur auf S. 54 erwähnt, daß die Speicheldrüsen im Gegensatz zur Lippendrüse ein mit sauren Anilinen sich intensiv färbendes Secret ausscheiden. Übrigens findet sich die Abbildung eines Längsschnittes von einer Speicheldrüse auf Taf. IV in Fig. 6 bei *Sp.*

Zum Schlusse möchte ich noch den Einwand Trojans (S. 486) zurückweisen, daß man bei Totoexemplaren »mit stärkeren Objektiven an das Präparat wegen der Dicke nicht nahe genug herankommt, ein Auffinden feiner Details daher unmöglich ist«. Bei kleineren Exemplaren ist mir dies vielmehr stets geglückt; bei großen Tieren schnitt ich mit einer feinen Schere die Fühler, die Schwanzflosse und die ventral und dorsal von den Leberschläuchen gelegenen Körperpartien ab und konnte diese Teile dann bei Anwendung von Gasglühlicht mit den stärksten Ölimmersionssystemen untersuchen. Hätte Trojan der Beobachtung ganzer Tiere, beziehungsweise isolierter Teile mehr Interesse entgegengebracht, so hätte er sich leicht davon überzeugen können, daß an den Schleimzellen der Nerv nie endet, wie er annimmt, vielmehr sich stets weiter zu den übrigen Elementen der Haut verfolgen läßt. Auch hätte er dann bei genauerer Beobachtung sicher die Innervation der Müllerschen Zellen und der Eiweißdrüsenzellen gefunden, und vor allem wäre ihm nicht der Irrtum mit untergelaufen, die Müllerschen Zellen als kontrahierte Chromatophoren anzusehen, während er beim Studium seiner Schnittserien die von mir auf Taf. V abgebildeten Pigmentzellen überhaupt nicht bemerkt hat.

Berlin, im Juli 1910.

Literaturverzeichnis.

1. Altmann, Die Elementarorganismen. 1890.
2. H. Ambronn, Das optische Verhalten markhaltiger und markloser Nervenfasern. Berichte der K. Sächs. Gesellschaft der Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Klasse. Bd. XLII. 1890.
3. E. André, Supplément aux mollusques d'Amboine et description d'un nouveau genre de la famille des Phyllirhoides. Revue suisse de zoologie. T. XIV. 1906.
4. Apáthy, Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu den Zellen. Mitt. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. XII. 1896.
5. — Über Neurofibrillen. 4. Internationaler Zoologenkongreß 1898.
6. — Meine angebliche Darstellung des Ascaris-Nervensystems. Zool. Anz. Bd. XXXII. 1907.
7. R. Bergh, System der nudibranchiaten Gastropoden in: C. Semper, Reisen im Archipel der Philippinen 1870 und 1892.
8. — Die cladohepatischen Nudibranchien. Zool. Jahrbücher. Abt. f. Systematik. V. Bd. 1890.
9. A. Bethe, Allgemeine Anatomie und Physiologie des Nervensystems. Leipzig 1903.
10. — Neue Versuche über die Regeneration der Nervenfasern. Pflügers Archiv f. Physiologie. Bd. CXVI. 1907.
11. H. Bettendorf, Über Muskulatur und Sinneszellen der Trematoden. Inaug. Diss. Rostock 1897.
12. A. Bochenek, L'anatomie fine de la cellule nerveuse de Helix pomatia. Compt. rend. d. l'association des Anatomistes. 3. Sess. Lyon 1901.
13. — Recherches sur le système nerveux des invertébrés. Anzeiger d. Akad. d. Wiss. in Krakau. VII. 1905.
14. Boll, Beiträge zur vergleichenden Histologie des Molluskentypus. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. V. (Supplement.)
15. A. Böhm u. O. Oppel, Taschenbuch der mikroskopischen Technik. 5. Aufl.
16. Braun, Trematodes in: Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. IV.
17. Brock, Untersuchungen über die interstitiellen Bindesubstanzen der Mollusken. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XXXIX. 1883.
18. Buchholtz, Studien über den histologischen Bau des Centralnervensystems der Süßwassermollusken. Archiv f. Anatomie v. Reichert und Du Bois. Jahrg. 1863.
19. O. Bütschli, Untersuchungen über mikroskop. Schäume und das Protoplasma. Leipzig 1892.
20. J. Chatin, Evolution et structure des éléments conjonctifs chez la Paludine. Compt. rend. de l'acad. des sciences. Paris. T. CXXVI. 1898.
21. C. Chun, Über die Natur und die Entwicklung der Chromatophoren bei den Cephalopoden. Verhandlg. der Deutsch. Zoolog. Gesellschaft auf der 11. Jahresversammlung 1901.

22. C. Chun, Über den Bau, die Entwicklung und physiologische Bedeutung der Rectaldrüsen bei den Insekten. Abhandlg. der Senckenbergschen Gesellschaft Frankfurt. Bd. X. 1876.
23. Claus, Lehrbuch der Zoologie. 6. Aufl. 1897.
24. Ch. F. W. Mc Clure, The finer structure of the nerve cells of Invertebrates. I. Gastropoda in: Zoologische Jahrbücher. Abtlg. f. Anatomie. Bd. XI. 1898.
25. Cockerell, Pigments of Nudibranchiate Mollusca. Nature. Vol. LXV. 1901.
26. Cuénot, L'Excrétion chez les Mollusques. Archives de biologie. T. XVI. 1900.
27. L. Edinger, Die Endigung der Hautnerven bei Pterotrachea. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. XIV.
28. Ehrlich, Krause, Mosse u. Rosin, Enzyklopädie der mikroskop. Technik.
29. Th. Eimer, Bemerkungen über die Leuchtorgane von Lampyris splendidula. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. VIII. 1872.
30. Th. W. Engelmann, Über Drüsennerven. Archiv für Physiologie. Bd. XXIV. 1881.
31. A. Fischer, Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena 1899.
32. W. Flemming, Über die Blutzellen der Acephalen und Bemerkungen über deren Blutbahn. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. XV. 1878.
33. — Die haaretragenden Sinneszellen in der Oberhaut der Mollusken. Archiv f. mikroskop. Anat. Bd. V.
34. H. Fol, Sur la structure des muscles des Mollusques. Compt. rend. T. CVI.
35. O. v. Fürth, Vergleichende chemische Physiologie der niederen Tiere. Jena 1903.
36. Gegenbaur, Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. 1855.
37. Gilchrist, Notes on the minute structure of the nervous system of mollusca. Journ. Linn. Soc. London. Vol. XXVI.
38. Goldschmidt, Einiges vom feineren Bau des Nervensystems. Verhandlungen der Deutschen Zoologischen Gesellschaft auf d. 17. Jahresversammlung 1907.
39. — Über die sog. radiärgestreiften Ganglienzellen von Ascaris. Biolog. Centralblatt. Bd. XXIV. 1904.
40. — Der Chromidialapparat lebhaft funktionierender Gewebszellen. Biolog. Centralblatt. Bd. XXIV. 1904 und Zoolog. Jahrb. Abtlg. f. Anatomie. Bd. XXI. 1905.
41. Graber, Über die Empfindlichkeit einiger Meertiere gegen Riechstoffe. Biolog. Centralblatt. Bd. VIII. 1888.
42. H. Griesbach, Beiträge zur Histologie des Blutes. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. XXXVII. 1891.
43. C. Grobben, Die Pericardialdrüse der Lamellibranchiaten. Arbeiten aus d. Zoolog. Institut d. Univ. Wien. Bd. VII. 1898.
44. R. T. Günther, On the structure and affinities of Mnestra parasites (Krohn). Mitt. a. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. XVI. 1903.
45. J. Guiart, Contribution à l'étude des Gastéropodes opistobranches. Mém. Soc. Zoolog. France. T. XIV. 1901.

46. Haller, Die Organisation der Chitonen der Adria. Arbeiten aus dem zoologischen Institut der Univ. Wien. Bd. IV. 1882.
47. — Beiträge zur Kenntnis der Nerven im Peritoneum von Doris tuberculata. Arbeiten aus dem zoolog. Inst. d. Univ. Wien. Bd. V. 1884.
48. — Untersuchungen über marine Rhipidoglossen. Morpholog. Jahrb. Bd. XI. 1886.
49. Elise Hanel, Cephalopyge trematoides (Chun). Zoolog. Jahrb. Abtlg. f. Systematik. Bd. XXI. 1905.
50. O. Harz, Paraffinöl als Ersatz für Kanadabalsam zu mikroskopischen Dauerpräparaten. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie. Bd. XX. 1903.
51. Havet, Note préliminaire sur le système nerveux des Limax (méthode de Golgi). Anatom. Anz. Bd. XVI. 1899.
52. Heath and Spaulding, The Anatomy of a Pteropod, Corolla (Cymbuliopsis) spectabilis Dall. Zoolog. Jahrb. Abtlg. f. Anat. Bd. XX. 1904.
53. E. Hecht, Contribution à l'étude des Nudibranches. Mém. de la soc. zool. de France. T. VIII. 1895.
54. M. Heidenhain, Beiträge zur Aufklärung des wahren Wesens der faserförmigen Differenzierungen. Anatom. Anz. XVI. Bd. 1899.
55. — Struktur der contractilen Materie. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte. X. Bd. 1900.
56. Hermann, Lehrbuch der Physiologie. 12. Aufl. 1900.
57. Hescheler in A. Lang, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der wirbellosen Tiere.
58. F. B. Hofmann, Histologische Untersuchungen über die Innervation der glatten und der ihr verwandten Muskulatur der Wirbeltiere u. Mollusken. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. LXX. 1907.
59. H. v. Ihering, Vergleichende Anatomie des Nervensystems und Phylogenie der Mollusken. Leipzig 1877.
60. L. Johann, Über eigentümliche epitheliale Gebilde (Leuchtorgane) bei Spinax niger. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XLVI. 1899.
61. Joliet, Sur les fonctions du sac renal chez les Heteropodes. Comptes rendus. T. XLVII. 1889.
62. H. Jordan, Die Leistungen des Centralnervensystems bei den Schnecken. Biologisches Centralblatt. Bd. XXVI. 1906.
63. M. Joseph, Die vitale Methylenblau-Nervenfärbungsmethode bei Heteropoden. Anatom. Anz. Bd. III. 1888.
64. Ph. Knoll, Über protoplasmaarme und protoplasmareiche Muskulatur. Denkschrift d. k. Akademie d. W. zu Wien. Math.-nat. Kl. LVIII. Bd. 1891.
65. — Über die Blutkörperchen bei wirbellosen Tieren. Sitzungsber. d. k. Akademie der Wiss. zu Wien. Math.-Naturw. Klasse. Abtlg. III. Bd. CII. 1893.
66. — Über die Herztätigkeit bei einigen Evertebraten und deren Beeinflussung durch d. Temperatur. Sitzungsber. d. k. Akademie der Wiss. zu Wien. Math.-Naturw. Klasse. Abtgl. III. Bd. CII. 1893.
67. Kollmann, Die Bindesubstanz der Acephalen. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XIII. 1877.

68. Korschelt, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Zellkernes. Zoolog. Jahrb. Abtlg. f. Anatomie. Bd. IV. 1891.
69. Lee u. Mayer, Grundzüge der mikroskopischen Technik. 2. u. 3. Auflage.
70. v. Lenhossék, Centrosom und Sphäre in den Spinalganglienzellen des Frosches. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. XLVI. 1895.
71. — Ramón y Cajals neue Fibrillenmethode. Centralblatt. Bd. XXIII. 1904.
72. R. Leuckart, Über den Bau und die systematische Stellung des Genus Phyllirhoë. Archiv f. Naturgeschichte. Jahrg. 17. 1851.
73. — Nachträgliche Bemerkungen über den Bau von Phyllirhoë. Archiv f. Naturg. Jahrg. 19. 1853.
74. — Heteropoden. Zoolog. Untersuchungen. 1854.
75. Leydig, Bau des tierischen Körpers. 1864.
76. — Die Hautdecke und Schale der Gastropoden. Archiv für Naturgesch. Bd. XLII. 1876.
77. — Die augenähnlichen Organe der Fische. Bonn 1881.
78. — Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. Bonn 1883.
79. — Zelle und Gewebe. Bonn 1885.
80. — Bemerkungen über die Farben der Hautdecken und Nerven der Drüsen bei Insekten. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. XII.
81. List, Die Mytiliden des Golfes von Neapel. Fauna und Flora des Golfes von Neapel. 27. Monogr. 1902.
82. — Über den Bau, die Secretion und den Untergang von Drüsenzellen. Biolog. Centralblatt. Bd. V. 1885.
83. — Zur Kenntnis der Drüsen im Fuße von Tethys fimbriata. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. XLV. 1887.
84. E. Mangold, Untersuchungen über die Endigungen der Nerven in den quergestreiften Muskeln der Arthropoden. Zeitschr. f. allgem. Physiologie. Bd. V. 1905.
85. Margo, Über die Muskelfasern der Mollusken. Sitzungsbericht d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien; mathem.-naturw. Klasse. XXXIX. Bd. 7. 1860.
86. P. Mayer, Über Schleimfärbung. Mittlg. aus der zoologischen Station zu Neapel. Bd. XII. 1896.
87. J. Meisenheimer, Pteropoda in: Wiss. Ergebnisse der deutschen Tiefsee-Expedition. Bd. IX. 1. Lief. 1905.
88. Mendelsohn, Recherches sur les reflexes chez quelques invertébrés XIII. Congrès international de médicine. Paris 1900.
89. Menel, Über die Histologie und Histogenese der sog. Punktsubstanz Leydigs. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXXXIX.
90. Merton, Über den feineren Bau der Ganglienzellen aus dem Centralnervensystem von Tethys leporina. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXXXVIII. 1907.
91. H. Müller, Bau der Phyllirhoë. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. IV. 1853.
92. — u. C. Gegenbaur, Über Phyllirhoë bucephalum. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. V. 1854.
93. F. Nansen, Die Nervenelemente, ihre Struktur und Verbindung im Centralnervensystem. Anatom. Anzeiger. Bd. III. 1888.

94. P. Panceri, Intorno alle cellule olfattive della Carinaria Mediterranea. Bull. dell' assoc. dei nat. e med. Napoli. 1871.
95. — Intorno alle luce che emana dalle cellule nervose della Phyllirhoë bucephala. Rendic. dell' Acad. Scienz. fisich. e mat. Napoli. Anno XI. 1872.
96. J. Paneth, Beiträge zur Histologie der Pteropoden und Heteropoden. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. XXIV.
97. P. Pelseneer, Recherches sur divers Opistobranches. Mém. cour. et Mém. d. savants étrangers publ. p. l'Acad. Roy. de Belgique. T. LIII. 1894.
98. — Sur la classification des gastropodes d'après le système nerveux. Bull. de la soc. zool. de France. T. III. 1888.
99. E. Pflüger, Die Endigungen der Absonderungsnerven in den Speicheldrüsen. Archiv f. mikr. Anatomie. Nr. 5. 1869.
100. — Über den elementaren Bau des Nervensystems. Archiv f. Physiologie. Bd. CXII. 1906.
101. M. Pflücke, Zur Kenntnis des feineren Baues der Nervenzellen bei Wirbellosen. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LX. 1895.
102. A. Pütter, Leuchtende Organismen. Zeitschr. für allgem. Physiologie. Bd. V.
103. S. Ramón y Cajal, Die Struktur des nervösen Protoplasma. Monatsschr. f. Psychiatrie u. Neurologie. Bd. I. 1897.
104. J. Ranke, Das akustische Organ im Ohre der Pterotrachea. Archiv f. mikr. Anatomie. Bd. XII. 1876.
105. B. Rawitz, Das centrale Nervensystem der Acephalen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. XX. 1887.
106. — Der Mantelrand der Acephalen. Teil II. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. XXIV. 1890.
107. — Der Mantelrand der Acephalen. Teil III. Ibid. Bd. XXVII. 1892.
108. — Leitfaden für histologische Untersuchungen. 2. Aufl
109. Retzius, Das sensible Nervensystem der Mollusken. Biologische Untersuchungen. Bd. IV. 1892.
110. — Punktsubstanz, nervöses Grau und Neuronenlehre. Biologische Untersuchungen. N. F. Bd. XII. 1905.
111. Rohde, Ganglienzelle, Achsencylinder, Punktsubstanz und Neuroglia. Arch. f. mikr. Anat. Bd. XLII. 1893.
112. — Ganglienzellkern und Neuroglia. Archiv für mikr. Anat. Bd. XLVII. 1896.
113. G. Rolle, Die Renopericardialverbindung bei den Nacktschnecken. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. Bd. XLIII. 1907.
114. Rywosch, Zur Physiologie des Herzens und des Excretionsorgans der Heteropoden. Pflügers Archiv. Bd. CIX. 1905.
115. K. C. Schneider, Lehrbuch der vergl. Histologie der Tiere. 1902
116. Schiemenz, Über die Wasseraufnahme bei Lamellibranchiaten. Mittlg. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. V u. VII.
117. Schröder, Über den Schleim und seine biologische Bedeutung. Biolog. Centralblatt. Bd. XXIII. 1903.

118. P. Schultz, Die glatte Muskulatur der Wirbeltiere. Arch. f. Anat. u. Phys. Physiol. Abtlg. 1895.

119. Hans Schultze, Fibrilläre Struktur des Achsencylinders bei Wirbellosen. Archiv f. mikr. Anat. Bd. XVI.

120. Oskar Schultze, Beiträge zur Histogenese des Nervensystems. Archiv f. mikr. Anat. Bd. LXVI. 1905.

121. Simroth in: Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. III. Bd. Mollusca. 3. Klasse, Gastropoda.

122. Smidt, Die intraepithealen freien Nervenendigungen bei Helix und ihre Beziehungen zu Sinneszellen und Drüsen. Anatom. Anz. Bd. XX. 1902.

123. Smirnow, Über freie Nervenendigungen im Epithel des Regenwurms. Anatom. Anz. Bd. IX.

124. Solbrig, Über die feinere Struktur der Nervenelemente bei den Gasteropoden. Leipzig 1872.

125. Spengel, Das Geruchsorgan und das Nervensystem der Mollusken. Zeitschrift f. wiss. Zool. Bd. XXXV. 1881.

126. J. Spillmann, Zur Anatomie und Histologie des Herzens und der Hauptarterien der Diotocardier. Jenaische Zeitschrift f. Naturwissenschaften. Bd. XL. 1905.

127. Steiner, Die Funktionen des Centralnervensystems und ihre Phylogenese. 3. Abtlg. Die wirbellosen Tiere. Braunschweig 1898.

128. Irene Sterzinger, Über das Leuchtvermögen von Amphiura squamata. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXXXVIII. 1907.

129. Stransky, Zur Konservierung von Faserfärbungen. Neurolog. Centralblatt. Bd. XX. 1910.

130. W. Straub, Zur Physiologie des Aplysienherzens. Archiv für die ges. Physiologie. Bd. LXXXVI. 1901.

131. F. Tesch, Die Heteropoden. Siboga-Expedition. 51. Monogr. 1906.

132. Thiele, Beiträge zur Kenntnis der Mollusken. III. Über Hautdrüsen und ihre Derivate. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. LXII. 1897.

133. A. Vayssière, Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques opistobranches du golf de Marseille. Annales du musée de Marseille. T. VI. 1901. Section de zoologie.

134. E. Veratti, Ricerche sul sistema nervoso dei Limax in: Memorie dell' instituto Lombardo. Cl. d. sc. mat. e nat. Vol. XVIII. 1900.

135. Verworn, Allgemeine Physiologie. Jena 1897.

136. Vignal, Recherches histologiques sur les centres nerveux de quelques invertébrés. Archives de zoologie expérimentale. II. Serie. 1. 1883.

137. Vissichelli, Contribuzioni allo studio della Phylliroë bucephala. Mittlg. d. zoolog. Station zu Neapel. Bd. XVIII. 1907.

138. C. Vogt u. E. Jung, Lehrbuch der praktischen vergleichenden Anatomie. Braunschweig 1888.

139. J. Wackwitz, Beiträge zur Histologie der Molluskenmuskulatur, speziell der Heteropoden und Pteropoden. Zoolog. Beiträge von Schneider. Bd. III. 1892.

140. Waldeyer, Untersuchungen über den Ursprung und den Verlauf des Achsencylinders bei Wirbellosen und Wirbeltieren, sowie über dessen Endverhalten in der quergestreiften Muskelfaser. Zeitschr. f. rationelle Medizin. 3. Reihe. Bd. XX. 1863.

141. — Über einige neuere Forschungen auf dem Gebiete der Anatomie des Centralnervensystems. Deutsche med. Wochenschr. Bd. XVII. 1891.

142. Wallengren, Zur Kenntnis der Flimmerzellen. Zeitschr. f. allgem. Physiologie. Bd. V. 1905.

143. Zernecke, Untersuchungen über den feineren Bau der Cestoden. Zoolog. Jahrb. Bd. IX. 1896.

Erklärung der Abbildungen.

Die Zeichnungen sind mit wenigen Ausnahmen angefertigt mit der apochromatischen Ölimmersionslinse von 2 mm Äquivalentbrennweite und den Kompensationsocularen 4, 6 und 8 von Zeiss. Die Abbildungen entsprechen demnach einer 500-, 750- bzw. 1000fachen Vergrößerung.

Tafel IV.

Fig. 1. *Phyllirhoë bucephala.* In 1%iger Chromsäure fixiert. Vergr. 1 : 3. *Ph*, Pharynx; *Oe*, Oesophagus; *M*, Mitteldarm; *E*, Enddarm mit dem After bei ×; *Le*, die oberen und unteren Leberschläuche; *Z*, die beiden Zwitterdrüsen; *Ge*, die übrigen Geschlechtsorgane mit der gemeinsamen Öffnung bei × ×; *G*, Gehirn; *H*, Herz; *N*, Nephridium mit der äußeren Öffnung bei × × ×; *L*, Längsmuskelfasern; *Dr*, die mehrzelligen Hautdrüsen; *F*, Fußdrüse.

Fig. 2. Eine sich stets im inneren, oberen Teil jedes Cerebralganglions findende Anhäufung dicht aneinander gedrängter Kerne; letztere gehören sehr kleinen Ganglienzellen an (= cellules sensorielles, Guiart). Nach Heidenhain gefärbt. Vergr. 1 : 575.

Fig. 3. Querschnitt durch die beiden Cerebropleuralganglien und das rechte Pedalganglion. *A*, Auge; *a*, ein Ganglienzellfortsatz, welcher direkt in einen peripheren Nervenstamm übergeht. *b*, Kernhaufen (vgl. Fig. 2); *N*, Neuropil. Vergr. 1 : 140.

Fig. 4 u. 5. Auf der Haut der *Phyllirhoë* lebende Parasiten; allem Anschein nach handelt es sich um Trematoden. Vergr. 1 : 110.

Fig. 6. Sagittalschnitt durch den Kopf. *A*, Anhäufung einzelliger Schleimdrüsen; *K*, Kiefer; *L*, Lippendrüse; *Sp*, Speicheldrüse; *V*, Vorraum zur Mundhöhle. Mit Hämalaun-Eosin gefärbt. Vergr. 1 : 35.

Fig. 7. Sagittalschnitt durch den unteren Teil des Pharynx. *E*, Epithel; *K*, Kiefer; *R*, Radula; *Z*, Zotten. Vergr. 1 : 75.

Tafel V.

Fig. 1. Eine Gruppe von Pigmentzellen. Bei Zelle *a* konnte nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob die eingezeichneten Kerne der Pigmentzelle oder darüber gelagerten Bindegewebszellen angehörten. Mit 1%iger Chromsäure

fixiert und nach HEIDENHAIN gefärbt. Vergr. 1 : 500. Die Zeichnung ist um ein Drittel verkleinert.

Fig. 2. Mehrere Pigmentzellen haben sich zu einem Syncytium vereinigt. Fixiert mit FLEMMINGscher Lösung. Vergr. 1 : 500. Die Zeichnung ist um ein Drittel verkleinert.

Fig. 3. Auffallend dunkel gefärbte Pigmentzelle mit einem hellen, fein gestrichelten Saum; die Zelle stand mit Pigmentzellen von gleicher Beschaffenheit in Verbindung. Fixierung und Vergrößerung wie bei Fig. 2.

Fig. 4. *a* und *b*, Bindegewebszellen; *c*, ein mit Fremdkörpern beladener Leucocyt. Fixation nach FLEMMING. Vergr. 1 : 500.

Fig. 5. Eine Bindegewebszelle. Mit 1% iger Chromsäure fixiert und nach HEIDENHAIN gefärbt. Vergr. 1 : 500.

Fig. 6. Teil eines Längsschnittes durch das Gehirn. *A*, Auge; *B*, Bindegewebskörperchen; *Gl*, Gliakerne; *Cg*, Cerebropleuralganglion; *Pg*, Pedalganglion; *N*, Neurilemm; *Npl*, Neuropil; N^1, Fühlernerv, der nahe seinem Ursprung noch einen an das Integument tretenden Nerv N^2 abgibt. Bei × × liegt im Fühlernerv ein sehr kleiner Kern, welcher vielleicht mit den Nervenkernen APÁTHYS verglichen werden kann. Mit Chromsäure fixiert und nach HEIDENHAIN gefärbt. Vergr. 1 : 500. Die Zeichnung erstreckt sich über zwei Gesichtsfelder.

Fig. 7. *a*, Neuropil des Cerebropleuralganglions mit einer auffallend großen bipolaren Zelle und zwei sehr kleinen Kernen. *b*, ein Teil der im Neuropil beobachteten Netzstrukturen, Mit 1%iger Chromsäure fixiert und nach HEIDENHAIN gefärbt. Vergr. 1 : 750.

Fig. 8. Eine centrale Ganglienzelle mit den Ausläufern eines gelappten Kernes. *Gl*, Gliakerne; *N*, Neurilemm. Mit 1%iger Chromsäure fixiert und mit verdünntem DELAFIELDschen Hämatoxylin gefärbt. Vergr. 1 : 1000.

Fig. 9. Drei große Ganglienzellen aus dem Cerebropleuralganglion; bei *a* ein gelappter Kern. *Gl*, Gliakerne; *H*, gliöse Hüllschicht; *N*, Neurilemm. Fixierung nach FLEMMING und mit Eisenalaunhämatoxylin gefärbt. Vergr. 1 : 75.

Fig. 10. Eine Ganglienzelle mit nierenförmigem Kern; das Chromatin bildet an der Einkerbung eine dunkle Leiste. Mit 1%iger Chromsäure fixiert und mit DELAFIELDS Lösung gefärbt. Vergr. 1 : 750.

Fig. 11. Eine Ganglienzelle mit nierenförmigem Kern, letzterer hat an der Einbuchtung einen undeutlichen Kontur. *Gl*, Gliakern; *N*, Neurilemm. Fixiert nach FLEMMING und nach HEIDENHAIN gefärbt. Vergr. 1 : 750.

Fig. 12. Eine centrale Ganglienzelle mit ausgewanderten Nucleolen; bei * befindet sich ein Kernkörperchen auf der Grenze zwischen Kern und Zellleib; *N*, Neurilemm. Mit FLEMMINGscher Lösung fixiert und nach HEIDENHAIN gefärbt. Vergr. 1 : 750.

Fig. 13. *a* und *b*: Zwei Ganglienkerne mit auffallend großen Nucleolen. Vergr. 1 : 750.

Fig. 14. Teile eines Nerven bald nach seinem Ursprung aus dem Centralnervensystem. *B*, Bindegewebskörperchen; *d*, bipolare Zelle; *Neu*, Neurilemm. Vergrößerung 1 : 500. Fixierung nach FLEMMING.

Fig. 15. Eine Nervenfaser mit seitlich angelagerter multipolarer Ganglienzelle; das Fäserchen *b* geht anscheinend auch noch von dieser Zelle aus. *Neu*, Neurilemm. Vergr. 1 : 500. Fixiert nach FLEMMING.

Fig. 16. Teil eines Flossennerven von einem mit Chromessigsäure fixierten

und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbten Exemplar. G^1, ^{2}, ^{3}, bipolare Ganglienzelle. Bei pl^2, ^{3} finden sich die auf S. 32 erwähnten Pigmentanhäufungen. Vergr. 1 : 500.

Fig. 17. In dem N^1 ist eine große bipolare Ganglienzelle G^1 eingeschaltet; der Nervenfaser N^2 ist eine multipolare Ganglienzelle G^2 angelagert. Vergr. 1 : 500.

Die Figuren 1, 2, 3, 4, 5, 14, 15, 16 u. 17 wurden an Totoexemplaren bzw. isolierten Hautstücken beobachtet.

Tafel VI.

Fig. 1. Eine Nervenmasche aus dem Grundplexus. Bei *a* liegt unter dem Nerven N^1 eine große bipolare Ganglienzelle. Die der Faser anliegende Zelle *b* ist als multipolare Ganglienzelle zu deuten. Bei c^1, c^2, c^3 sind in die Fibrillenbündel Ganglienzellen eingeschaltet. d^1, d^2, d^3, d^4 stellen die auf S. 31 erwähnten bipolaren Zellen dar. *B*, Bindegewebskörperchen. Die Zeichnung dehnt sich über mehrere Gesichtsfelder aus. Flemming-Präparat. Vergr. 1 : 750.

Fig. 2. Die von den Flimmerzellen F^1, F^2, F^3 und F^4 ausgehenden Fibrillen umranden die Stomata zweier Hautdrüsen (St^1 und St^2). Flächenpräparat mit 1%iger Chromsäure fixiert und nach Heidenhain gefärbt. Vergr. 1 : 500.

Fig. 3. Dieses Bild wurde ebenfalls an einem Totoexemplar beobachtet; bei der Einstellung zeigte sich zuerst auf dem Integument (*I*) die Flimmerzelle *F* mit dem intracellulären Faserkegel. Der Wimperzelle liegen seitlich noch einige Epithelzellen der gewöhnlichen Art an. Unter der Basalmembran bildet ein feiner Hautnerv N^1 eine mächtige ganglionäre Anschwellung *G*, deren oberes Ende direkt unter der Flimmerzelle liegt. Ich habe aber nicht die Neurofibrillen in die Zelle eintreten sehen. Die Anschwellung *G*, welche übrigens vom Zeichner etwas zu groß und zu schematisch wiedergegeben ist, entsendet noch einen sehr feinen Nerv N^2 zur Hautmuskulatur. *B*, Bindegewebskörperchen. Fixierung nach Flemming. Vergr. 1 : 750.

Fig. 4. Ein Ast des Fühlernerven; *a*, *b*, *c*, *d*, *e* sind ohne Zweifel als sensible Nervenendigungen zu deuten. Die Zeichnung rührt von einem Flächenpräparat her und setzt sich daher aus verschiedenen optischen Ebenen zusammen, die mit * gekennzeichneten Stellen sind bei höchster Einstellung sichtbar. Das Präparat ist mit Flemmingscher Lösung fixiert. Vergr. 1 : 750.

Fig. 5. Ganglienzellen in einem Nerven der Schwanzflosse. Die beiden bipolaren Zellen *a* und *b* anastomosieren vielleicht miteinander. Fixation nach Flemming. Vergr. 1 : 500.

Fig. 6. Eine Nervenmasche, Vergr. 1 : 300,

Fig. 7. Eine anscheinend apolare Ganglienzelle

Fig. 8. Eine multipolare Ganglienzelle

Fig. 9. Seitlich angelagerte Ganglienzellen, deren feine Fortsätze an die Muskulatur des Magens gehen,

aus dem sympathischen Plexus. Mit Flemmingscher Lösung fixiert und mit Ausnahme von Fig. 6 mit 500facher Vergrößerung gezeichnet.

Tafel VII.

Fig. 1. Die dorsoventralen Muskelfasern D^1, D^2, D^3 liegen auf den nur schematisch dargestellten Längsmuskelfasern. Die Hautnerven N^1, N^2 und N^3

kreuzen die Muskelfasern an deren Unterfläche. Die Nerven N^1 und N^2 sind bei × durch eine breite Anastomose miteinander verbunden; außerdem stehen die Hautnerven mittels der auf den dorsoventralen Muskelfasern entlang laufenden Körnchenreihen in Verbindung; gut sind letztere zwischen N^2 und N^3 auf D^1 und D^3 zu verfolgen. Die Körnchenreihe auf D^2 endet allem Anscheine nach bei × ×; kurz davor tritt ein feines Nervenfädchen zu der die Faserzelle D^1 innervierenden Körnchenreihe ab. Diese nervösen Körnchenreihen stellen den Endplexus (F. B. Hoffmann) dar. *Mü*, Müllersche Zelle; *St*, Sternzelle; *Schl*, Schleimdrüsenzelle. Die Zeichnung dehnt sich über drei nebeinander liegende Gesichtsfelder aus; sie ist jetzt um ein Drittel verkleinert.

Fig. 2. Hautmuskulatur. *L*, Längsmuskelfasern; *D*, Dorsoventralfasern; *a*, flügelartige Verbreiterung einer Dorsoventralfaser. Bei *b* ein homogener Saum, welcher die Längsmuskelbündel bisweilen begrenzt. *N*, Nerv. Bei × geht der Ausläufer einer Parenchymmuskelzelle in ein feines Nervenfädchen über. Bei × × findet sich die Endigung einiger Ausläufer einer Parenchymmuskelzelle an einer Longitudinal- und Dorsoventralfaser, bei × × × eine solche Endigung an einem Nerven.

Fig. 3. Zwei miteinander anastomosierende Längsmuskelbündel; bei × eine angelagerte Bindegewebszelle.

Fig. 4. Drei Querschnitte von Längsmuskelbündeln. Mit 1%iger Chromsäure fixiert und nach Heidenhain gefärbt. Vergr. 1 : 500.

Fig. 5. Die Zellen *a*, *b* und *c* stellen anscheinend multipolare Ganglienzellen dar; die Zellen *a* und *b* sind durch eine Anastomose miteinander verbunden. Um ein Drittel verkleinert.

Fig. 6. Das periphere Ende eines zerrissenen Nerven. Vgl. den Text auf S. 40.

Fig. 7. Ein Stück von einer der auf S. 44 erwähnten Hautmuskelfasern.

Fig. 8. Eine Parenchymmuskelfaser. *P*, Plasmazelle; *B*, Bindegewebskörperchen. Um Raum zu ersparen ist die Zeichnung bedeutend verkürzt.

Die auf Taf. VII befindlichen Figuren wurden alle mit Ausnahme von Fig. 4 an mit Flemmingscher Lösung fixierten Totoexemplaren beobachtet und bei 500facher Vergrößerung gezeichnet.

Tafel VIII.

Fig. 1. Ein Teil eines Körperquerschnittes. Das die Haut teilweise bedeckende Epithel ist nicht eingezeichnet. *L*, Leber; *a*, Grenzlamelle. Mit 1%iger Chromsäure fixiert und nach Heidenhain gefärbt. Schwache Vergrößerung.

Fig. 2. *a*, Zwei miteinander anastomosierende Muskelfasern aus der Herzkammer. *N*, Nerv. *b*, eine Ventrikelfaser, bei der eine Querstreifung durch die Fältelung der die Muskelzelle umhüllenden strukturlosen Schicht vorgetäuscht wird.

Fig. 3. *a*, eine der großen im Gallertgewebe sich findenden Zellen, die vielleicht zur Excretion in Beziehung stehen. Mit 1%iger Chromsäure fixiert und mit Hämalaun-Eosin gefärbt. *b*, eine Plasmazelle. *c*, eine Plasmazelle nach Heidenhain gefärbt; im Protoplasma und in den Vacuolen finden sich einige Concretionen. *b* und *c* waren mit Flemmingscher Lösung fixiert.

Fig. 4. *a*, Nierentrichter. *P*, Pericardialsinus. *b*, Vacuolisierte Nierenepithelien.

Fig. 5. Sagittalschnitt durch die Lippendrüse. *a*, Ausführungsgang einer Drüsenzelle; *b*, Bindegewebskörperchen; *c*, sehr kleine Kerne, welche vielleicht Stützzellen angehören; *E*, Epithel; *K*, Kiefer; *M*, Muskulatur; *Phl*, längsgeschnittene; *Phq*, quergeschnittene Muskulatur des Pharynx; *Schl*, Schleimdrüsenzellen. Mit 1%iger Chromsäure fixiert und mit Hämatoxylin-Eosin gefärbt. Vergr. 1 : 333.

Fig. 6. *a*, eine mehrzellige Hautdrüse. *b*, Schnitt durch eine solche Drüse. ×, zwei Drüsenzellen mit Ausführungsgängen; *B*, Basalmembran mit Deckepithelien. Mit 1%iger Chromsäure fixiert und mit Hämalaun-Eosin gefärbt. *c* stellt das nur selten beobachtete einzellige Stadium dieser drüsigen Organe dar; *N*, Nerv.

Fig. 7. Eine mucöse Drüsenzelle mit dem sehr kleinen Kern bei ×. Der Kern *N* bildet an der Basis der Drüsenzelle eine kleine ganglionäre Anschwellung.

Fig. 8. Eine Schleimdrüse mit seitlichem Ausführungsgang. ×, Drüsenkern; ××, Nervenkern.

Die Figuren 7 und 8 sind mit 1%iger Chromsäure fixiert und mit Hämalaun-Eosin gefärbt.

Fig. 9 u. 10 stellen seröse Drüsenzellen dar, die mit feinen Nervenfädchen in Verbindung stehen. Beide Figuren wurden an Totoexemplaren beobachtet, die mit Flemmingscher Lösung fixiert waren. Fig. 9 ist ungefärbt, Fig. 10 mit Hämatoxylin-Eosin tingiert.

Fig. 11. Schnitt durch eine Müllersche Zelle. *B*, Basalmembran.

Fig. 12. Eine Sternzelle. *N*, Nerv.

Fig. 13. Eine Blasenzelle.

Fig. 14. Ein Trematode. Dasselbe Exemplar ist schon auf Taf. IV, Fig. 4, abgebildet. Mit Chromessigsäure fixiert und nach van Gieson gefärbt.

Die Fig. 6 *a* und *c*, 7, 8, 9, 10, 12 und 13 stammen von einem Totoexemplar und setzen sich daher aus verschiedenen optischen Ebenen zusammen. Die Öffnungen der Drüsenzellen sind durch einen gestrichelten Kreis dargestellt.

Mit Ausnahme der Fig. 1, 3 *a*, 5, 6 *b*, 7, 8 und 14 sind die Präparate mit Flemmingscher Flüssigkeit fixiert und alle, ausgenommen Fig. 1 und 5, bei 500facher Vergrößerung gezeichnet.

Vita.

Am 19. Mai 1876 wurde ich, Ernst Born, zu Berlin als Sohn des verstorbenen Lehrers Hermann Born und seiner Gemahlin Auguste, geb. Thater geboren. Mein Glaubensbekenntnis ist das evangelische. Nachdem ich im September 1894 auf dem Lessing-Gymnasium zu Berlin die Reife für Prima erworben, habe ich mich in Berlin dem Studium der Veterinärmedizin gewidmet. An der Friedrich Wilhelms-Universität zu Berlin studierte ich vom April 1895 ab vier Semester Naturwissenschaften. Nach erlangter Approbation als Tierarzt hielt ich mich zur weiteren wissenschaftlichen Ausbildung in Leipzig vom Oktober 1900 bis zum August 1902 auf. Seit dem 1. April 1903 bin ich bei der Städtischen Fleischbeschau zu Berlin als Tierarzt beschäftigt.

An der Universität Leipzig waren meine Lehrer die Herren Professoren: Chun, Bücher, Eber, Credner, Hasse †, zur Strassen, Woltereck, Eulenburg, A. Fischer.

Allen diesen Herren bin ich stets zu Dank verpflichtet.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

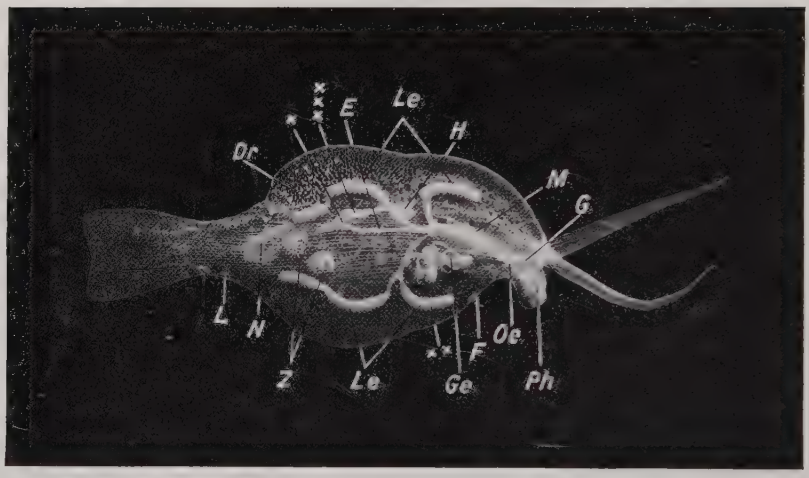


Fig. 1.

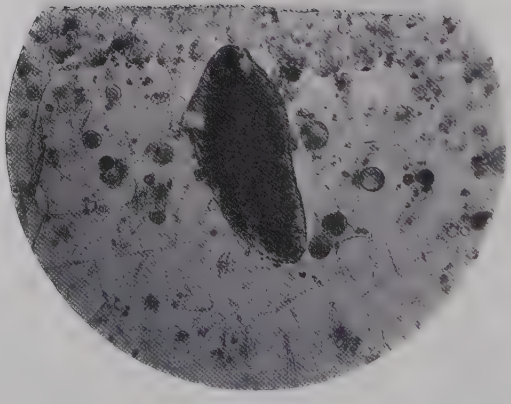


Fig. 4.

Fig 5.

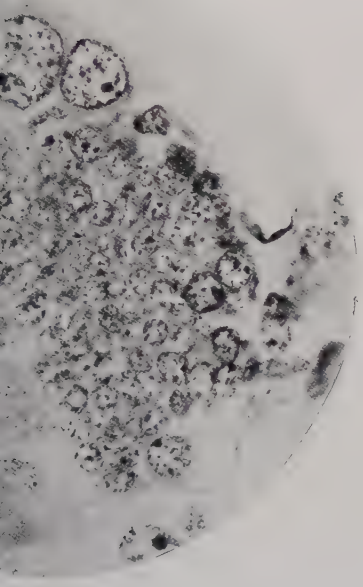


Fig. 2.

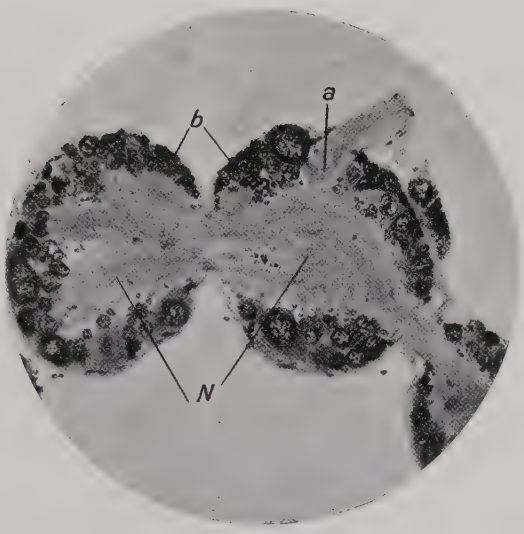


Fig. 3.

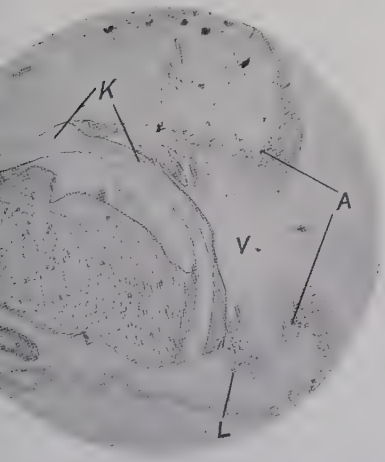


Fig. 6.

Fig. 7.

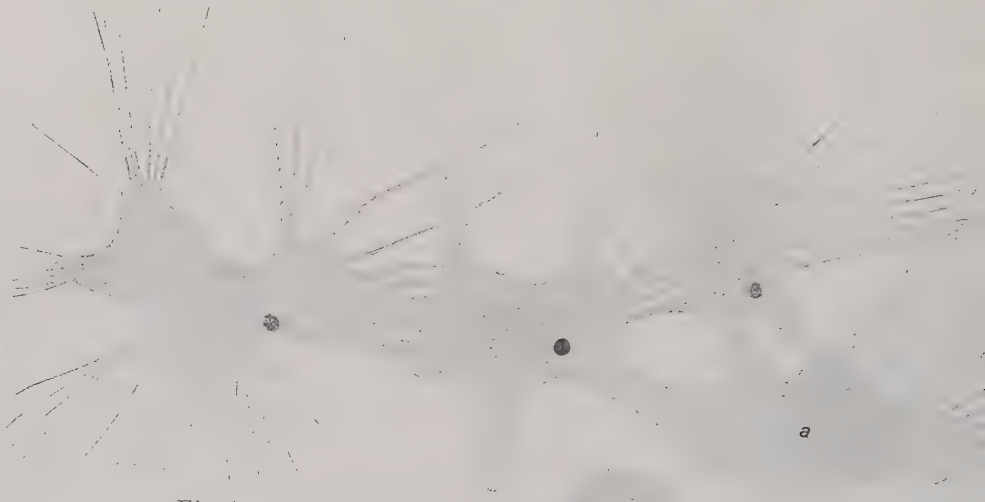


Fig. 1.

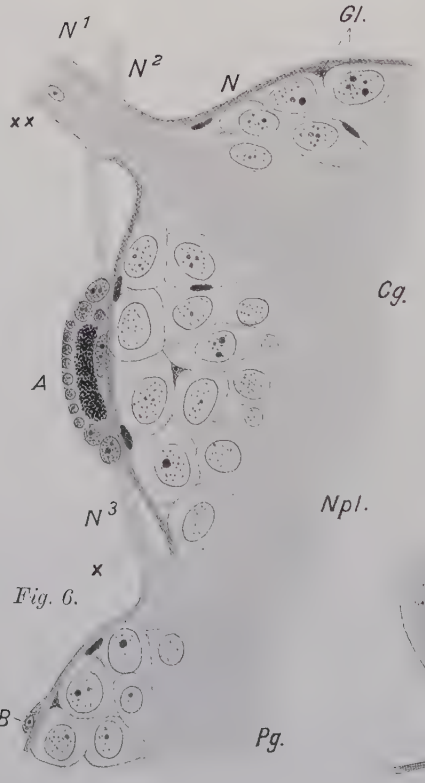


Fig. 6.

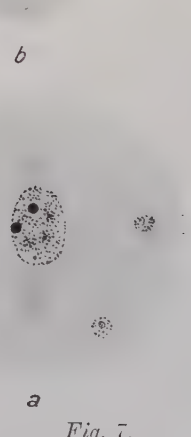


Fig. 7.

Fig. 8.

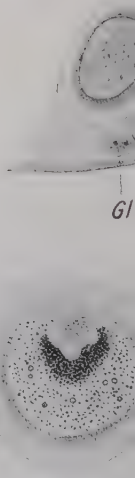


Fig. 10.

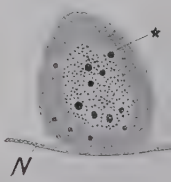


Fig. 12.

Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 5.

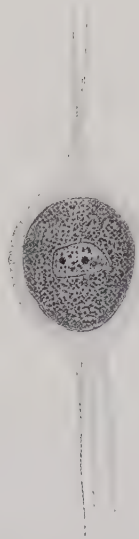


Fig. 3.

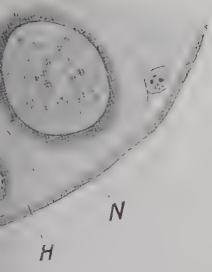


Fig. 9.

Fig. 11.

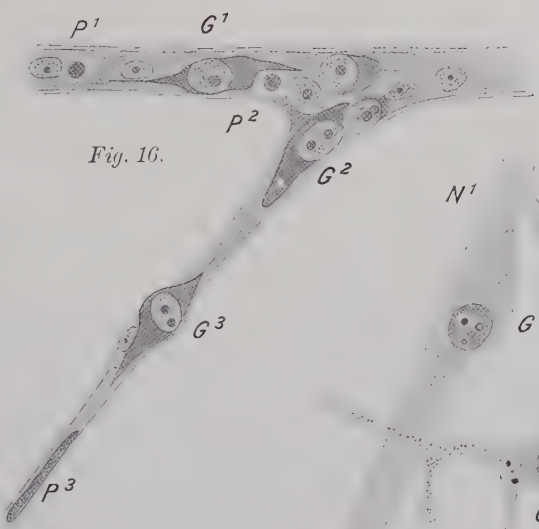


Fig. 16.

Fig. 17.

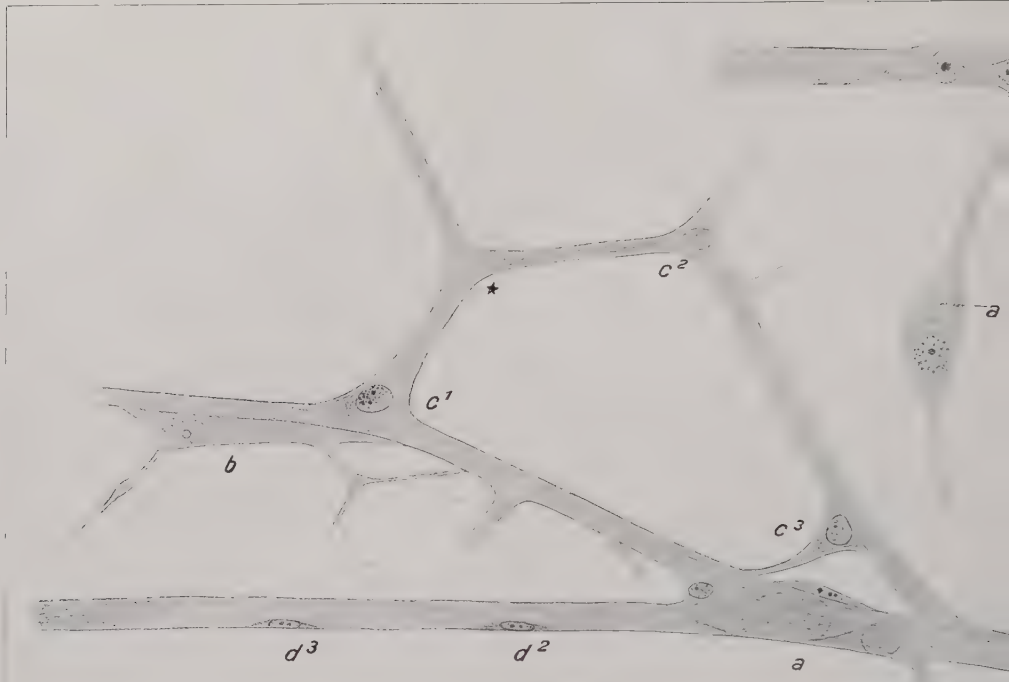


Fig. 1.

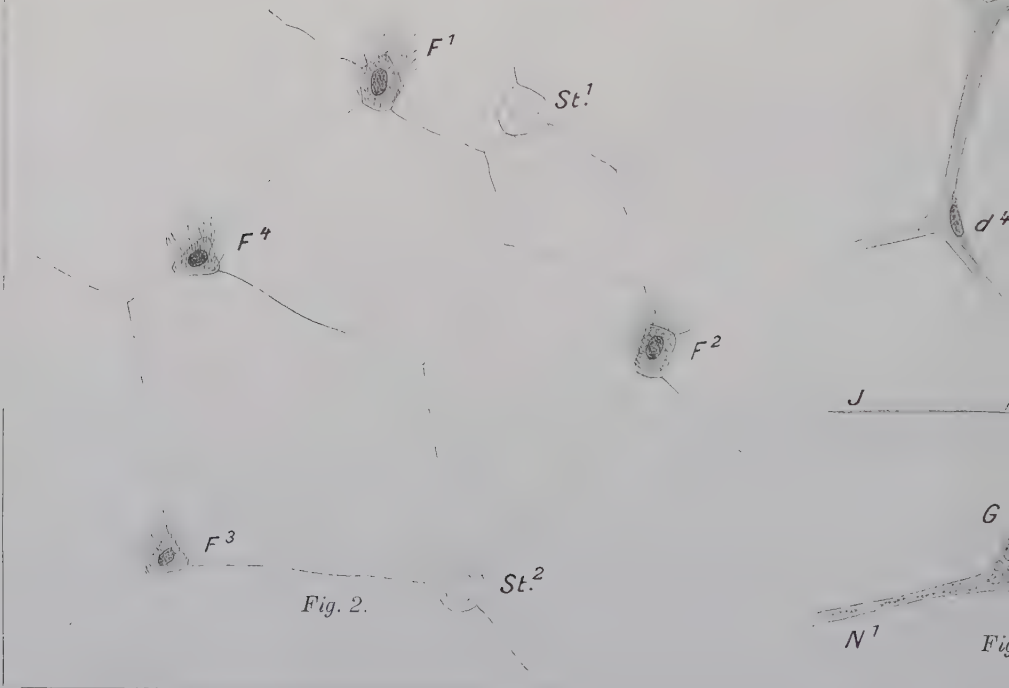


Fig. 2.

Fig. 5.

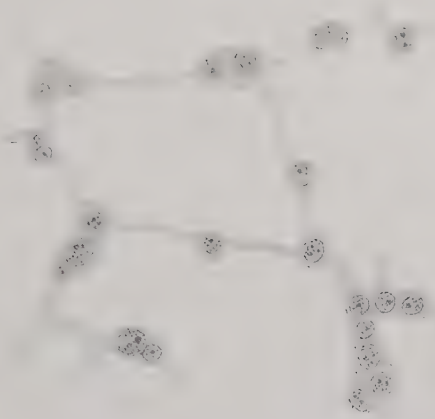


Fig. 6.

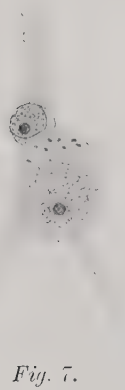
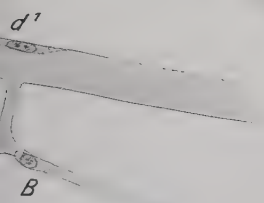


Fig. 7.



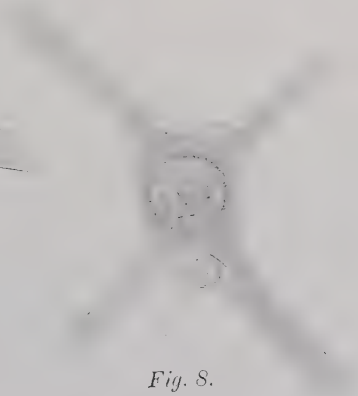


Fig. 8.

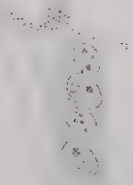


Fig. 9.

Fig. 4.

ann in Leipzig.

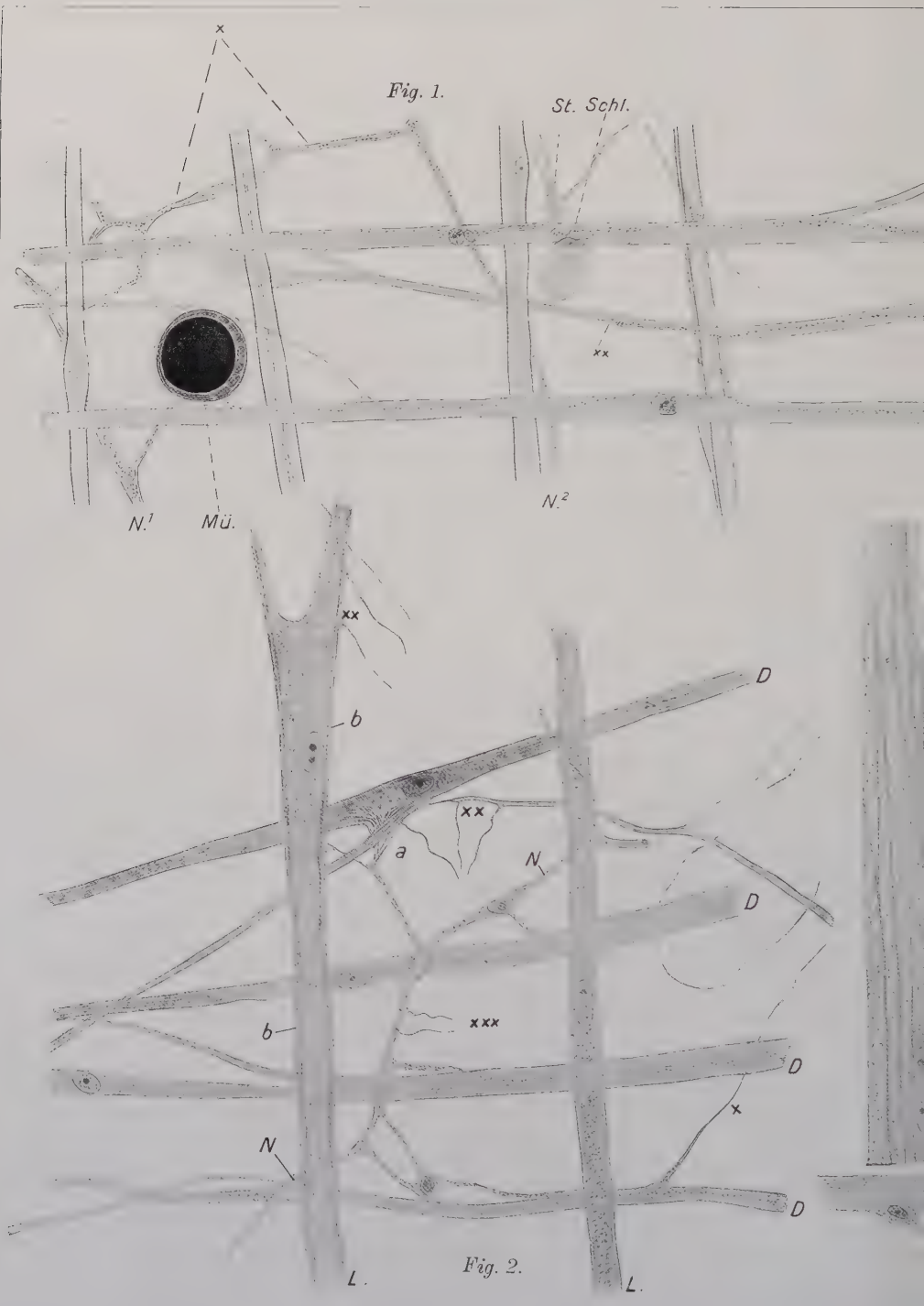
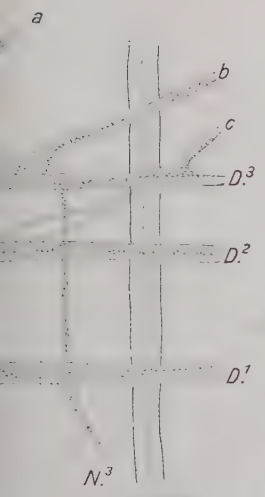


Fig. 1.
St. Schl.
N.¹
Mü.
N.²
Fig. 2.
D
b
a
N
L.



3.

Fig. 4.

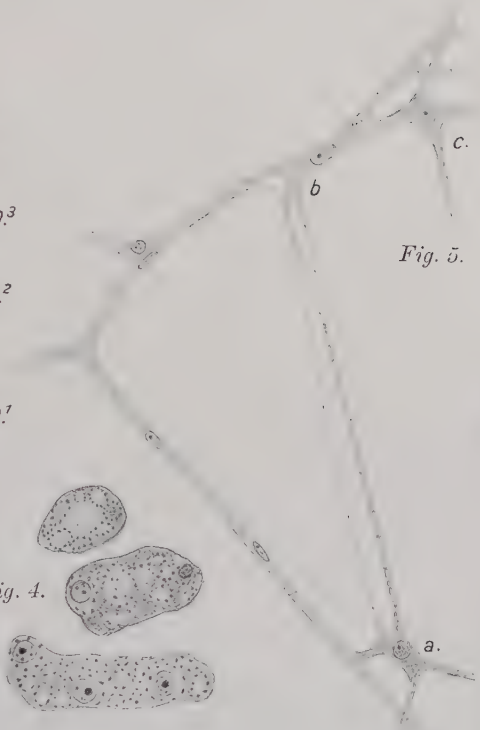
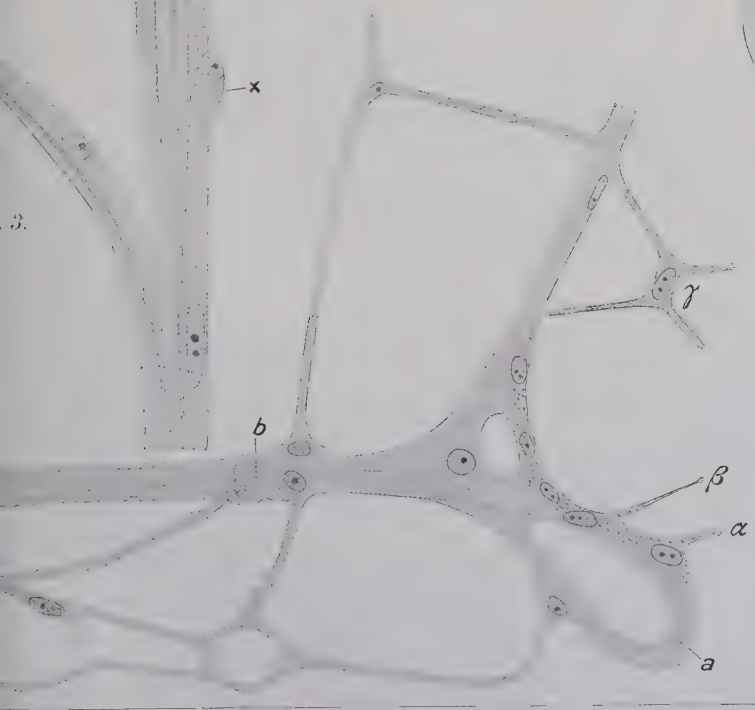


Fig. 5.



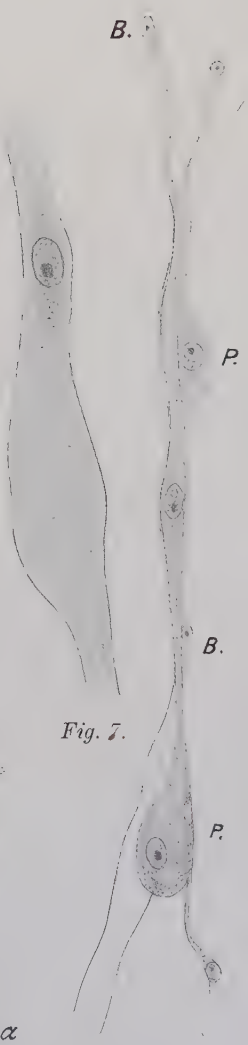


Fig. 7.

Fig. 8.

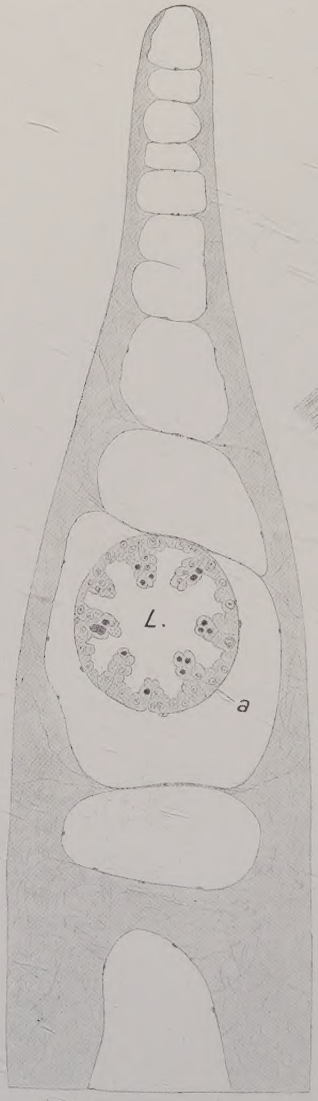


Fig. 1.

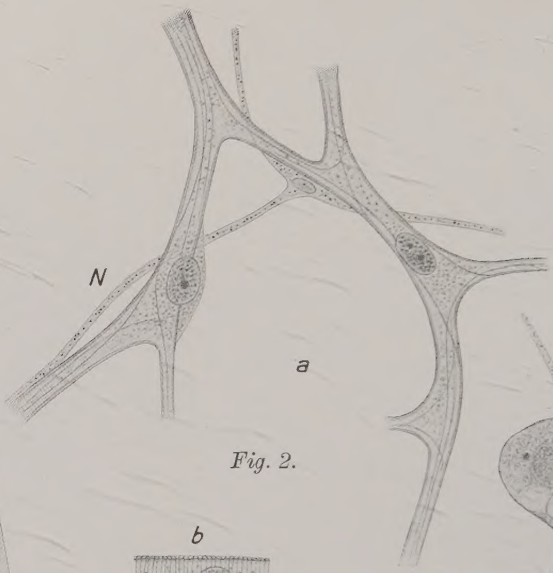
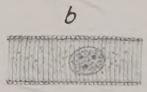


Fig. 2.



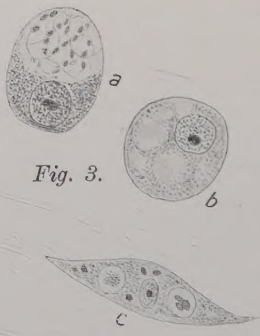


Fig. 3.

Fig. 5.

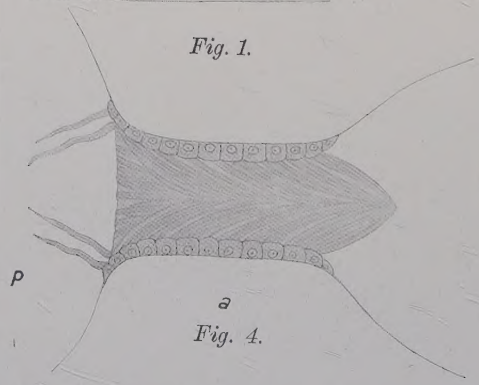
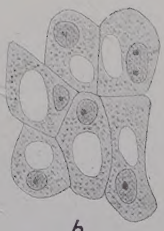
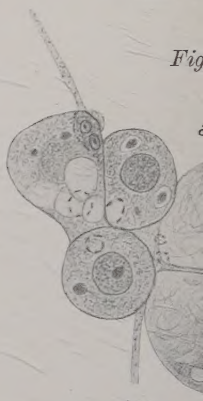


Fig. 4.





Born u. Helbig gez.

Verlag von Wi

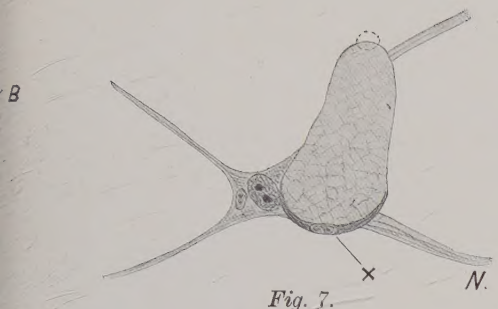


Fig. 7.

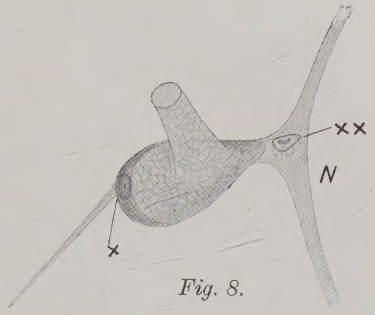


Fig. 8.

Fig. 9.

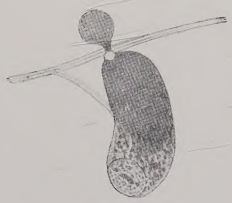


Fig. 10.

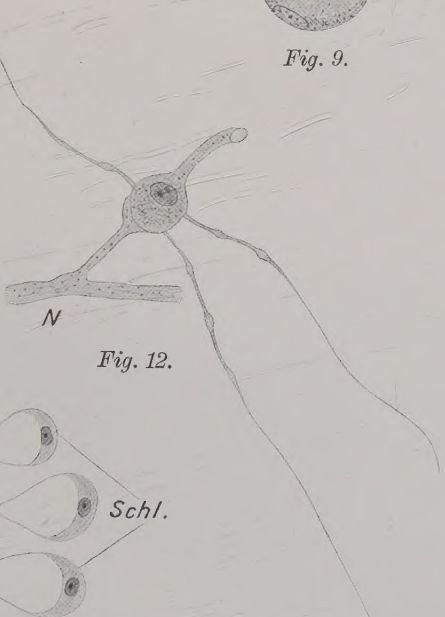


Fig. 12.

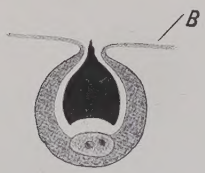


Fig. 11.

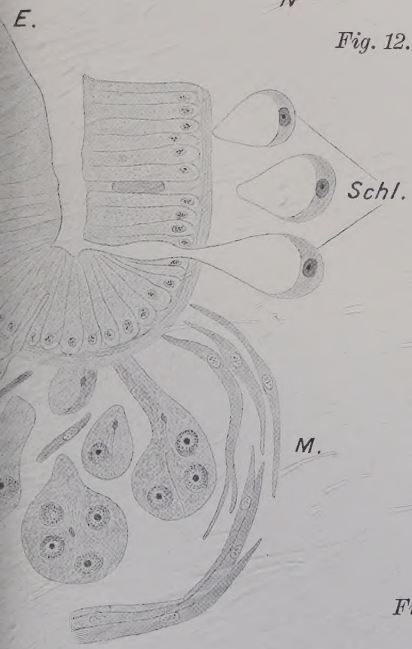


Fig. 13.

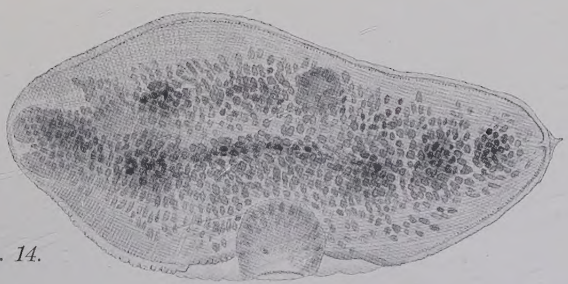


Fig. 14.